Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg
(Direktor: Professor Dr. R. Naujoks)

OBERFLÄCHENMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM DENTO-PARODONTALEN BEREICH: EIN VERGLEICH DER FRONT- MIT DER SEITENZAHNREGION

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Gerhard Steinruck
aus Gerolzhofen

Würzburg, den 1. Februar 1980

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543519_0101

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg
(Direktor: Professor Dr. R. Naujoks)

OBERFLÄCHENMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM DENTO-PARODONTALEN BEREICH: EIN VERGLEICH DER FRONT- MIT DER SEITENZAHNREGION

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Gerhard Steinruck
aus Gerolzhofen

Würzburg, den 1. Februar 1980

Referent:	Professor Dr. R. Naujoks
Korreferent:	Professor Dr. E. Witt
Dekan:	Professor Dr. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Februar 1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	PROBANDENWAHL UND METHODEN	3
2.1	Probandenwahl	3
2.2	Die oberflächenmorphometrische Methode	3
2.2.1	Die mesio-distale Auswertung	5
2.2.2	Die vestibulo-linguale Auswertung	5
2.3	Die Festlegung der Meßgrößen	10
2.3.1	Die Festlegung der Meßgrößen der mesio-distalen Auswertung	10
2.3.1.1	Die Fläche der Interdentalpapille F_P	10
2.3.1.2	Die Breite der Basis der Interdentalpapille b_P	10
2.3.1.3	Die Höhe der Interdentalpapille h_P	11
2.3.1.4	Die interpapilläre Dentalfläche F_D	11
2.3.2	Die Festlegung der Meßgrößen der vestibulo-lingualen Auswertung	14
2.3.2.1	Die Fläche (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva	14
2.3.2.2	Die Meßstrecke a der Fläche (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva	15
3	ERGEBNISSE	16
3.1	Die Ergebnisse der mesio-distalen Auswertung	16
3.1.1	Die Fläche F_P, die Breite der Basis b_P und die Höhe h_P der Interdentalpapillen	16
3.1.2	Die interpapillären Dentalflächen F_D und der Quotient F_P/F_D	16
3.1.3	Der Rechts-Links-Vergleich der Meßgrößen	28

		Seite
3.2	Die Ergebnisse der vestibulo-lingualen Auswertung	31
3.2.1	Die Flächen (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva	31
3.2.2	Die Meßstrecken a am Übergang Zahn - Gingiva	31
4	DISKUSSION	46
4.1	Die mesio-distale Auswertung	46
4.1.1	Die Meßgrößen der Interdentalpapillen	46
4.1.2	Die interpapillären Dentalflächen F_D und ihre Beziehungen zu den Interdentalpapillen	53
4.1.3	Der Rechts-Links-Vergleich der Meßgrößen	56
4.2	Die vestibulo-linguale Auswertung	58
4.2.1	Die mediane Schnittführung	58
4.2.2	Die mesiale Schnittführung	63
4.2.3	Die distale Schnittführung	64
4.2.4	Ein Vergleich der drei Schnittführungen	65
4.3	Die Beziehungen zwischen der Oberflächenmorphologie und dem Plaquewachstum	68
5	ZUSAMMENFASSUNG	71
6	SCHRIFTTUM	74

ANHANG:

I.	Zur Festlegung der vestibulo-lingualen Schnittführungen	78
II.	Zur Bestimmung der Größe der Fehler bei vestibulo-lingualen Schnitten	85

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Unter dem Begriff "Parodontopathien" werden alle entzündlichen und atrophischen Erkrankungen des Parodonts zusammengefaßt. Es ist ein besonderes Anliegen der Parodontologie, dem Untersuchenden geeignete Kriterien zur objektiven Bewertung des klinischen Zustandes des parodontalen Weichgewebes in die Hand zu geben.

Bei der Festlegung von Indizes, wie z.B. des Plaque-Indexes [18], des Gingiva-Indexes [4] und des Papillen-Blutungs-Indexes [13], werden definierte Kriterien wie Ausdehnung und Dichte der mikrobiellen Plaque sowie Farbe, Blutungsneigung, Grad der Ulzeration und Schwellung der Gingiva numerisch ausgedrückt. In Untersuchungen von MIERAU, KRÄUTLER und SINGER [2, 5, 6, 20] wurden besonders Veränderungen der Oberflächenmorphologie der Gingiva in verschiedenen klinischen Stadien metrisch erfaßt, um die Beurteilung der Gingiva zu objektivieren. Da die marginalen Parodontitiden Plaquekrankheiten sind und die mikrobiellen Weichbeläge sich bevorzugt an Regionen der Zahnoberflächen bilden, die eine Stagnation für den Speichelfluß darstellen, sind die oberflächenmorphologischen Beziehungen im dento-parodontalen Bereich von besonderer Bedeutung. Um diese beurteilen zu können, ist es notwendig, die physiologischen Zustandsformen der Gingiva zu beschreiben und pathologische oberflächenmorphologische Beziehungen als Abweichungen zu erkennen. Ziel dieser Arbeit ist die Ermittlung verschiedener Meßgrößen der physiologischen Gingiva des gesamten Oberkiefers und Unterkiefers in mesio-distaler und vestibulo-lingualer Richtung. Dabei soll auch Aufschluß über die unterschiedlichen

Verhältnisse im Front- und Seitenzahngebiet gewonnen werden, wobei der Einfluß der Hartgewebe (Zähne, Knochen) auf die Oberflächenmorphologie der Gingiva in der jeweiligen Region besonders zu berücksichtigen ist. Einige dieser Meßwerte sollen auch hinsichtlich ihres Einflusses auf die Plaquebildung untersucht werden.

2 PROBANDENWAHL UND METHODEN

2.1 Probandenwahl

Als Probanden für die Untersuchung dienten zwölf gesunde männliche Studenten im Alter von 23 bis 25 Jahren, bei deren Auswahl auf die Einhaltung folgender Bedingungen geachtet wurde: Die Zahnreihe im Bewertungsgebiet war geschlossen und in der Frontzahnregion karies- und füllungsfrei. Drei Tage vor Abdrucknahme wurde eine Zahnreinigung durchgeführt mit anschließender Instruktion der Probanden, den erzielten Zustand mit einem Plaque-Index von 0 [18] bis zur Abdrucknahme aufrechtzuerhalten. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Gingivaabschnitte einen Gingiva-Index [4] von 0 auf.

2.2 Die oberflächenmorphometrische Methode

Die oberflächenmorphometrische Methode [5, 6] ermöglicht es, die oberflächenmorphologischen Verhältnisse und Veränderungen des dentogingivalen Bereichs an beliebigen reproduzierbaren Lokalisationen metrisch dreidimensional zu erfassen.

Der in dieser Arbeit betrachtete Untersuchungsbereich umfaßt neben der Frontzahn- auch die Seitenzahnregion, einschließlich der zweiten Molaren. Die Untersuchungen erstrecken sich ausnahmslos auf den vestibulären Übergangsbereich Zahn - Gingiva. Der Verlauf des Limbus gingivalis ist von besonderem Interesse.

Die Meßgrößen sind den mesio-distalen[1]) und vestibulo-lingualen[2]) Betrachtungsrichtungen anhand der die Mundsituation optimal wiedergebenden Modelle zu entnehmen. Diese Modelle entstehen durch Übertragen der oberflächenmorphologischen Verhältnisse in den dento-gingivalen Bereichen mit Hydrokolloid als Abdruckmaterial. Das mukostatische Verhalten des thermoreversiblen Hydrokolloids auf Agar-Agar-Basis garantiert eine hohe Präzision des Abdrucks, einschließlich der Feinheiten der Zahn- und Gingivaoberflächen. Der zur Modellherstellung verwendete Steingips läßt bei v-li Schnitten (2.2.2) durch seine Härte äußerst glatte Schnittflächen entstehen.

Für die dreidimensionale Auswertung nach der oberflächenmorphometrischen Methode [2, 5, 6] werden mehrere Modelle von der Originalsituation benötigt. Um eine Veränderung der Gingiva nach mehrfacher Abdrucknahme auszuschließen und die Vergleichbarkeit zu wahren, stellt man die weiteren Modelle im Duplierverfahren her. Verschiedene Hilfsgeräte, insbesondere das Sockelungsgerät, bringen alle Modelle einer Situation mittels Präzisionsvierkanten in die gleiche Beziehung. Somit kann jedes mit Vierkanthülsen gesockelte Modell auf allen mit Präzisionsvierkanten versehenen Geräten verschiebbar fixiert werden. Dieses Verfahren gestattet es auch, v-li Schnittlokalisationen von einem unverschalten auf die verschalten Schnittmodelle zu übertragen. Die Überprüfung der Sockelungsidentität der Modellserie eines Probanden geschieht mit Hilfe eines Meßmikroskops und Bezugspunkten auf den Modellen, die sich durch das Duplieren auch auf alle Folgemodelle übertragen.

---

[1] im folgenden m-d genannt

[2] im folgenden v-li genannt

2.2.1 Die mesio-distale Auswertung

Eine photogrammetrische Apparatur fixiert die Interdentalpapillen und die interpapillären Dentalflächen in einer standardisierten Orientierung auf den Film. Dabei befindet sich das Objekt parallel zur Filmebene in der Bildmitte. Ein mitphotographiertes Millimeterraster gewährleistet die exakte Vergrößerung der Diapositive. Anschließendes Übertragen der 25fach vergrößerten Konturen dieser Aufnahmen auf Transparentpapier liefert sogenannte Gingivamorphogramme.

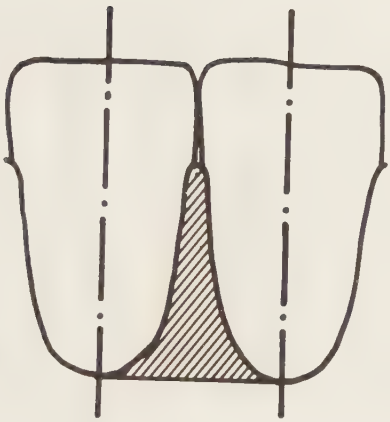
2.2.2 Die vestibulo-linguale Auswertung

Mit einer Präzisionsschneidanlage [5] werden für die v-li Betrachtungsrichtung Segmente aus den Hartgipsmodellen geschnitten. Nachdem mittels eines unverschalten Modells die Schneidevorrichtung auf eine bestimmte Meßlokalisation eingestellt wurde, wird der Schnitt an einem zum Schutz der Oberflächenkonturen verschalten Modell durchgeführt. Wie bei der Untersuchung in m-d Betrachtungsrichtung wird der auszuwertende Konturenverlauf photographiert und in ein Gingivamorphogramm umgesetzt.

In Erweiterung der bisherigen oberflächenmorphometrischen Untersuchungen [2, 5, 6, 20] werden zur Klärung der Verhältnisse entlang des vestibulären Limbus gingivalis drei Schnittlokalisationen im zervikalen Kronenbereich jedes einzelnen Zahnes bestimmt und ausgewertet. Die bereits in früheren Untersuchungen [5, 6, 20] gewählte Meßlokalisation

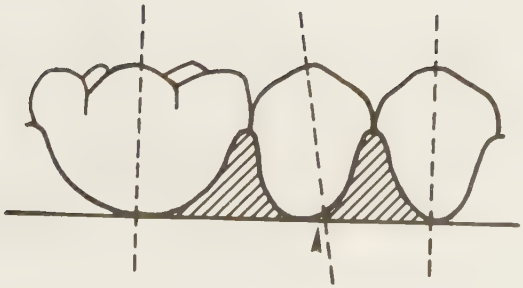
ist durch den Schnittpunkt der Kronenachse mit dem Limbus gingivalis festgelegt. Durch ihn führt die sogenannte mediane Schnittebene der Untersuchung in v-li Betrachtungsrichtung (mit ax abgekürzt). Diese Ebene trifft senkrecht auf die Zahnoberfläche. Weiterhin steht sie senkrecht auf der Tangente an den m-d Verlauf des Limbus gingivalis im Untersuchungsort. Die beiden weiteren Meßpunkte auf dem Limbus gingivalis werden ausgehend von der mesialen beziehungsweise distalen Papillenspitze des zugehörigen Zahnes gefunden. Gestützt auf Ergebnisse von SINGER und MIERAU [20], wonach die durchschnittliche Limbuslänge s (Wegstrecke entlang dem Limbus gingivalis zwischen den Schnittpunkten des Limbus gingivalis mit den Kronenachsen zweier benachbarter Zähne gemessen) 0,6 bis 1,3 cm beträgt, wurde für alle Zahnabschnitte gleichbedeutend ein Dreimillimeterabstand von der Interdentalpapillenspitze zum Meßpunkt abgetragen. Dadurch kommen mesiale und distale Schnittlokalisationen etwa in die Mitte zwischen der Papillenspitze und den medianen Schnitt zu liegen. Bei der Festlegung von weiteren Schnittlokalisationen mesial und distal der medianen im zervikalen Kronenbereich galt es, unter zwei Alternativen zu wählen. Der im Anhang (Seite 78 bis 84) beschriebene Vorversuch erbrachte für die Definition der mesialen und distalen Schnittlokalisationen eine Entscheidung zugunsten des Schnittes, der senkrecht auf die Zahnoberfläche auftrifft und senkrecht auf dem m-d Verlauf des Limbus gingivalis am Meßort steht (Abb. 22b).

a

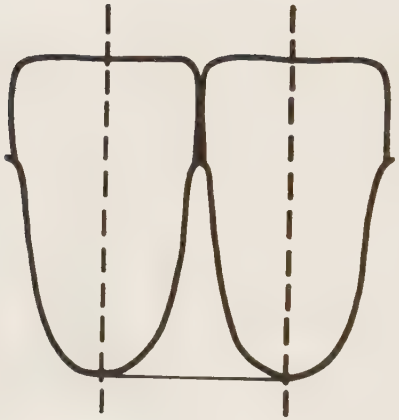


F_P

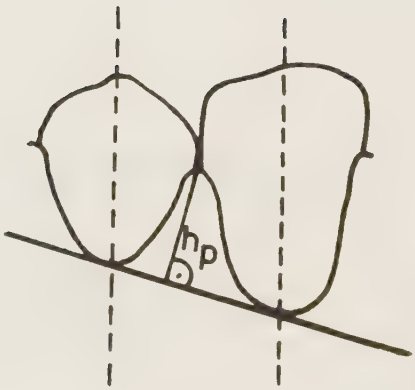
b



c



d



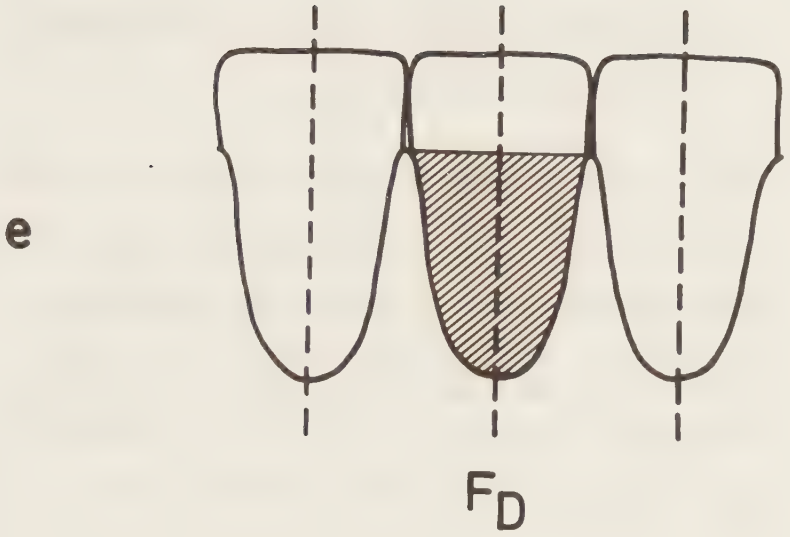


Abb. 1. Meßgrößen der mesio-distalen Auswertung
(Die Zahnachsen sind gestrichelt)

a) Die Fläche der Interdentalpapille F_P

b) Zur Problematik der Definition von F_P für den Fall, daß der Schnittpunkt der Kronenachse mit dem Limbus gingivalis nicht mit dem am weitesten apikal gelegenen Verlauf der Zahnfleischkontur zusammenfällt.

c) Die Breite der Basis der Interdentalpapille b_P

d) Die Höhe der Interdentalpapille h_P

e) Die interpapilläre Dentalfläche F_D.

2.3 Die Festlegung der Meßgrößen

2.3.1 Die Festlegung der Meßgrößen in der mesio-distalen Auswertung

2.3.1.1 Die Fläche der Interdentalpapille F_p

Diese Fläche wird durch die Kontur der Gingiva und jene Linie begrenzt, die man durch Verbinden der beiden Schnittpunkte Limbus gingivalis - Kronenachse von benachbarten Zähnen erhält (Abb. 1a). Bei dieser Flächendefinition wird die teilweise subjektive Wahl der Kronenachse insofern sekundär, als sich nur unwesentliche Änderungen der Gesamtfläche ergeben. Verläuft die Kronenachse nicht durch die am weitesten apikal liegende Stelle des Limbus gingivalis, wird die Interdentalpapille unter Nichtbeachtung der Kronenachse durch eine apikale Tangente an die Konturen des Limbus gingivalis abgegrenzt (Abb. 1b).

2.3.1.2 Die Breite der Basis der Interdentalpapille b_p

Ein Blick auf eine Interdentalpapille läßt diese als ein nahezu dreieckiges Gebilde erscheinen - eine geschlossene Zahnreihe vorausgesetzt. Die Basis dieses Dreiecks ist eine Gerade durch die Schnittpunkte der Kronenachsen zweier benachbarter Zähne mit dem Limbus gingivalis. Der Abstand der beiden Schnittpunkte ist die Breite der Basis der Interdentalpapille b_p (Abb. 1c).

Fällt der Schnittpunkt der Kronenachsen nicht mit der apikalsten Stelle des Limbus gingivalis zusammen, so begrenzen (gemäß der Definition der

Interdentalpapillenfläche F_P in 2.3.1.1 und Abb. 1b) die Berührpunkte der von apikal an die Limbuskontur angelegten Tangente, welche nun die Grundlinie bildet, die Breite der Basis der Interdentalpapille b_P.

2.3.1.3 Die Höhe der Interdentalpapille h_P

Auf der durch die Meßvorschrift 2.3.1.2 gefundenen Grundlinie der Interdentalpapille läßt sich das Lot durch die Spitze dieser Interdentalpapille errichten. Die Strecke vom Fußpunkt des Lots zur Spitze der Interdentalpapille stellt die Höhe der Interdentalpapille h_P dar (Abb. 1d).

2.3.1.4 Die interpapilläre Dentalfläche F_D

Verbindet man die Spitzen zweier benachbarter Interdentalpapillen durch eine Gerade, so stellt die Fläche zwischen dieser Geraden und dem Limbus gingivalis die interpapilläre Dentalfläche F_D dar (Abb. 1e).

a

F_{Zw}

b

F_{Zw}

Abb. 2. Meßgrößen der vestibulo-lingualen Auswertung

a) Die Fläche (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva

b) Zur Konstruktion der Fläche (Zwickel) F_{Zw} in jenen Fällen, in denen die nach a) definierte Tangente außerhalb der freien Gingiva zu liegen kommt.

c) Die Meßstrecke a der Fläche (Zwickel) F_{Zw} .

2.3.2 Die Festlegung der Meßgrößen in der vestibulo-lingualen Auswertung

2.3.2.1 Die Fläche (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva

Nähert man eine Gerade an die im v-li Schnitt erhaltene Kontur so an, daß sie gleichzeitig zur Tangente von Zahn und Gingiva wird, grenzen die Tangente und die Kontur des Schnittes im Bereich des Limbus gingivalis eine Fläche ab. Diese Fläche stellt nach MIERAU [6] einen Bezirk dar, der bevorzugt zur Belagbildung in Frage kommt (Abb. 2a).

Eine Voruntersuchung zeigte, daß bei diesem Verfahren in circa 55% der Fälle der apikale Tangentenberührpunkt auf dem vestibulären Abhang des Randwulstes der freien Gingiva zu liegen kommt. In den restlichen Fällen befindet sich der Berührpunkt weiter apikal, also auf der angewachsenen Gingiva oder der beweglichen Schleimhaut. Auf circa 90% solcher Gingivamorphogramme sind jedoch kaudal des Übergangs Zahn - Gingiva kleine Einziehungen in der Gingivakontur zu erkennen. Sie markieren die Rinne der freien Gingiva, die die freie von der angewachsenen Gingiva trennt. Aus dieser Rinne läßt sich eine Tangente an die Zahnkontur legen, die im Bereich des Limbus gingivalis die Fläche F_{Zw} abgrenzt (Abb. 2b). Läßt sich auf dem Gingivamorphogramm keine, der gingivalen Rinne entsprechende Einziehung feststellen, so dient der von AINAMO und LÖE [1] angegebene Mittelwert von 1.19 mm für die Breite der freien Gingiva dazu, die Grenze zwischen angewachsener und freier Gingiva zu finden, von der aus dann eine Tangente an die Zahnoberfläche gelegt wird[3]).

---

[3] Der Mittelwert von 1.20 mm aus eigenen Messungen an Gingivamorphogrammen zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von AINAMO und LÖE [1]

2.3.2.2 Die Meßstrecke a der Fläche (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva

Errichtet man in einem v-li Gingivamorphogramm auf der den Zwickel F_{Zw} vestibulär begrenzenden Tangente das Lot durch den punktförmigen Übergang Zahn - Gingiva, so begrenzen der Fußpunkt des Lots und der Übergangspunkt die Meßstrecke a im Zwickel (Abb. 2c).

3 ERGEBNISSE

3.1 Die Ergebnisse der mesio-distalen Auswertung

3.1.1 Die Fläche F_P, die Breite der Basis b_P und die Höhe h_P der Interdentalpapillen

In den nach den Vorschriften für die Fläche F_P (2.3.1.1), die Breite b_P (2.3.1.2) und die Höhe h_P (2.3.1.3) der Interdentalpapillen durchgeführten Messungen wurden pro Proband und Kiefer die 13 Interdentalpapillen bis zu den zweiten Molaren jeder Seite berücksichtigt. Die ermittelten Meßwerte sind in den Abb. 3a, 4a, 5a für jeden Probanden graphisch dargestellt[4]). Die aus diesen Einzelergebnissen von den zwölf Probanden errechneten Mittelwerte der Flächen ($\bar{F}_P$), der Breiten der Basis ($\bar{b}_P$) und der Höhen ($\bar{h}_P$) der Interdentalpapillen zeigen die Abb. 3b, 4b, 5b.

3.1.2 Die interpapillären Dentalflächen F_D und der Quotient F_P/F_D

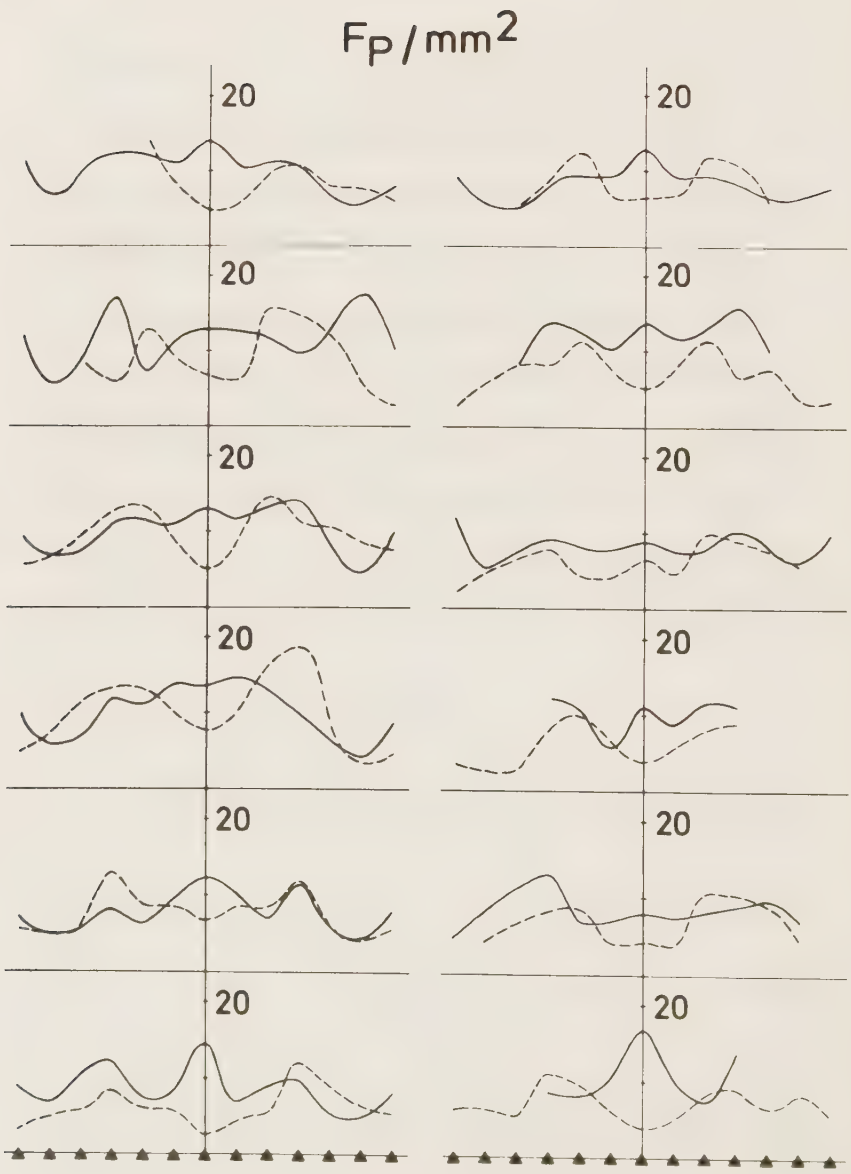
Abb. 6a zeigt die nach der Definition 2.3.1.4 planimetrisch ermittelten Werte der interpapillären Dentalflächen F_D.
Die über alle Probanden gebildeten Mittelwerte der einzelnen interpapillären Dentalflächen $\bar{F}_D$ sind der Abb. 6b zu entnehmen.

---

[4] Die Meßpunkte aller graphischen Darstellungen dieser Arbeit sind wegen der Übersichtlichkeit zu einem Kurvenzug verbunden; ein Interpolieren ist nicht zulässig.

Die durch die Geometrie bedingte Verknüpfung der Fläche der Interdentalpapillen F_P mit der interpapillären Dentalfläche F_D wird in Abb. 7 deutlich [20]. Zeichnet man außer den Geraden, die die Interdentalpapillen- und interpapillären Dentalflächen mitbestimmen, noch je eine Parallele zur Kronenachse durch die Spitze der Interdentalpapillen ein, so erkennt man, daß sich die interpapilläre Dentalfläche und die ihr zugewandten Teile der Flächen der Interdentalpapillen zu einer Gesamtfläche ergänzen. In der gleichzeitigen Bestimmung der Größen F_P und F_D ist jedoch keine Redundanz zu sehen, da das Verhältnis der Anteile durch den variablen Verlauf des Limbus gingivalis verändert wird [20]. Im folgenden wird stets als Näherung eine symmetrische Interdentalpapille benutzt, so daß die auf einen Zahn entfallenden Interdentalpapillenflächen als die Hälfte der Summe aus mesialer ($F_P d$) Interdentalpapillenfläche errechnet wird.

Die Werte der Quotienten $1/2 \frac{(F_P m + F_P d)}{F_D}$ der in dieser Arbeit berücksichtigten Zähne wurden über alle zwölf Probanden gemittelt. Diese Mittelwerte sind Abb. 8 zu entnehmen.


Fp / mm2
20
20
20
20
20
20
20
20
20
20
20
20

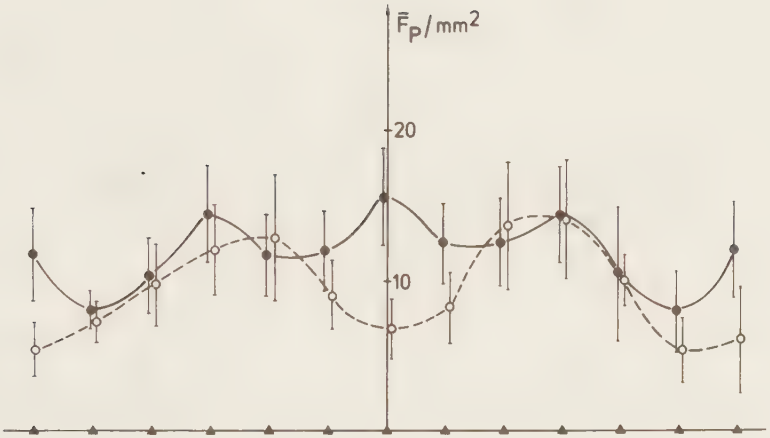
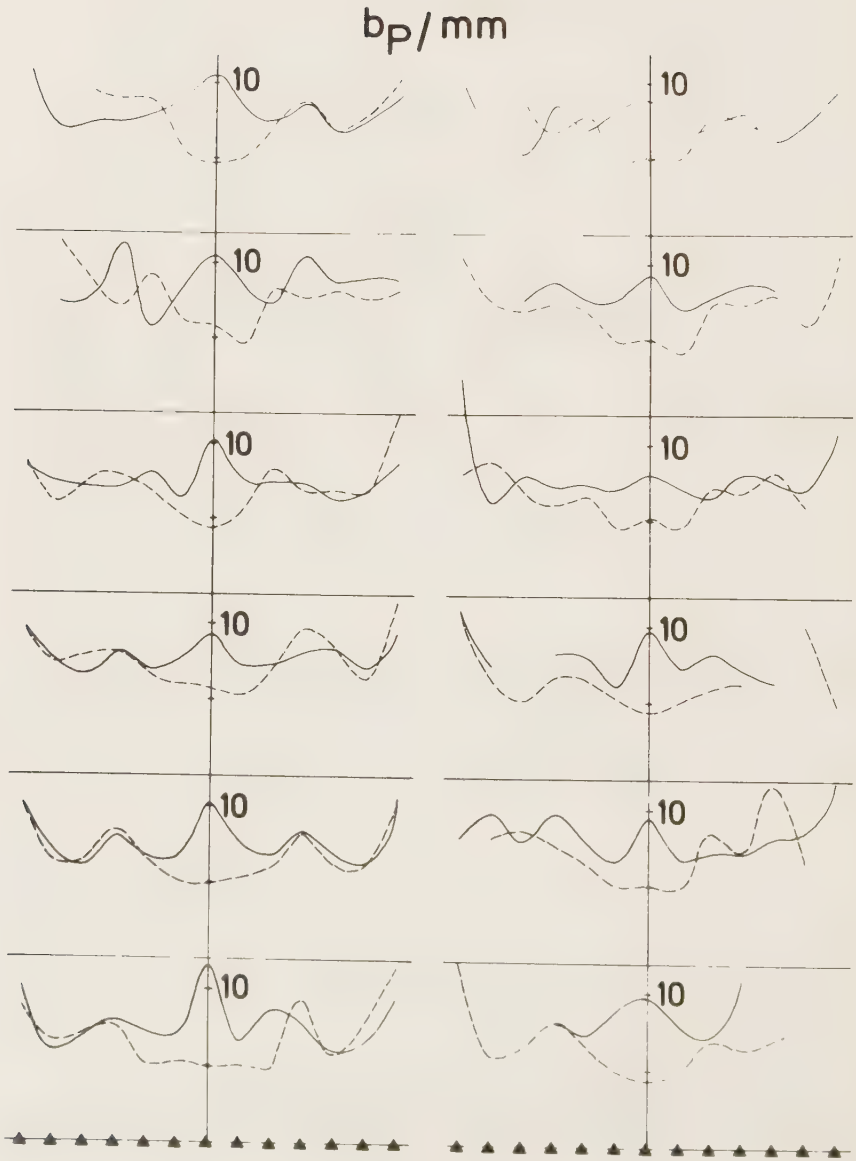


Abb. 3b. Die Flächen der Interdentalpapillen F_P als Mittelwerte über zwölf Probanden

▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 3a. Die Flächen der Interdentalpapillen F_P der zwölf Probanden

▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).


b_P / mm
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10

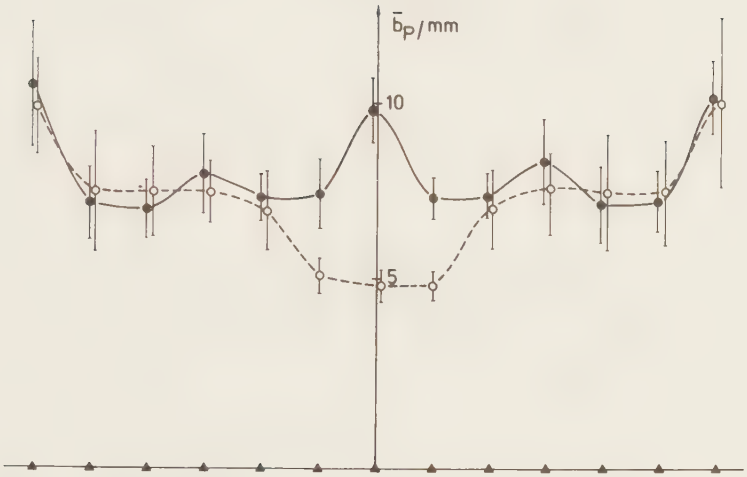
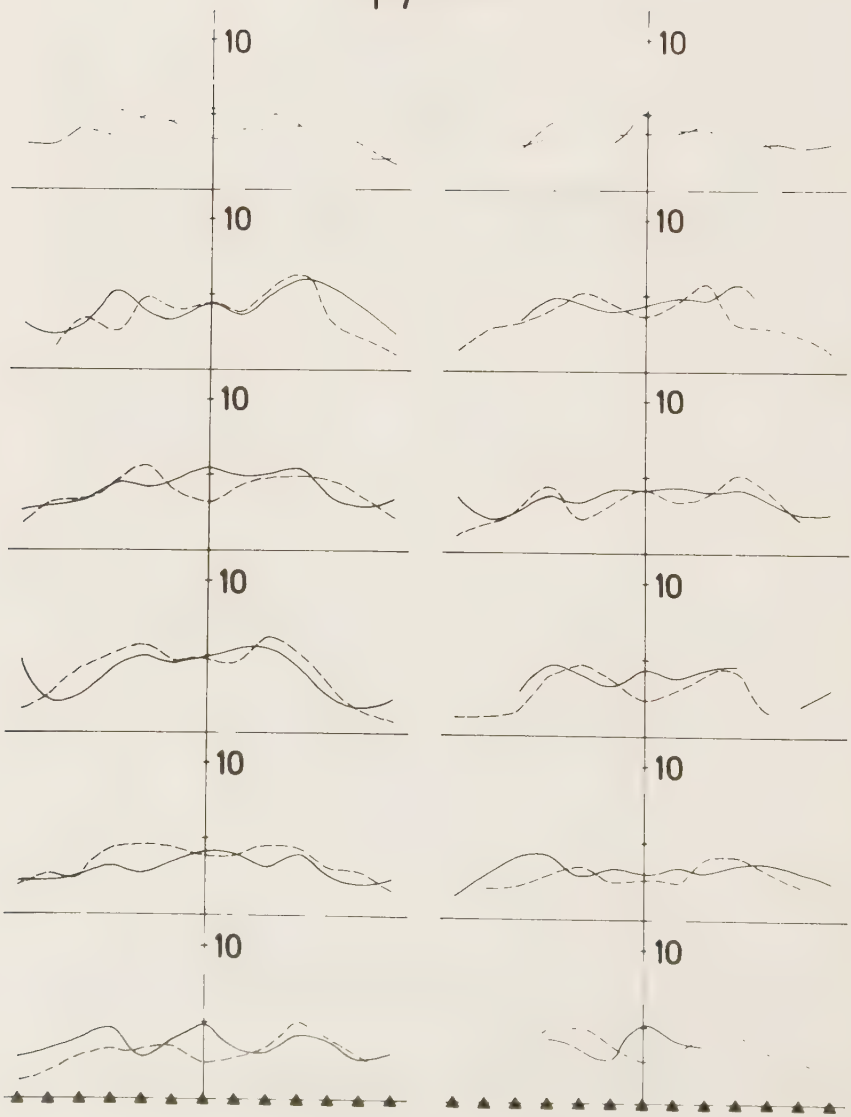


Abb. 4b. Die Breiten der Basis der Interdentalpapillen b_P als Mittelwerte über zwölf Probanden

▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK — — — — UK).

◀ Abb. 4a. Die Breiten der Basis der Interdentalpapillen b_P der zwölf Probanden

▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK — — — — UK).


hp/mm
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10
10

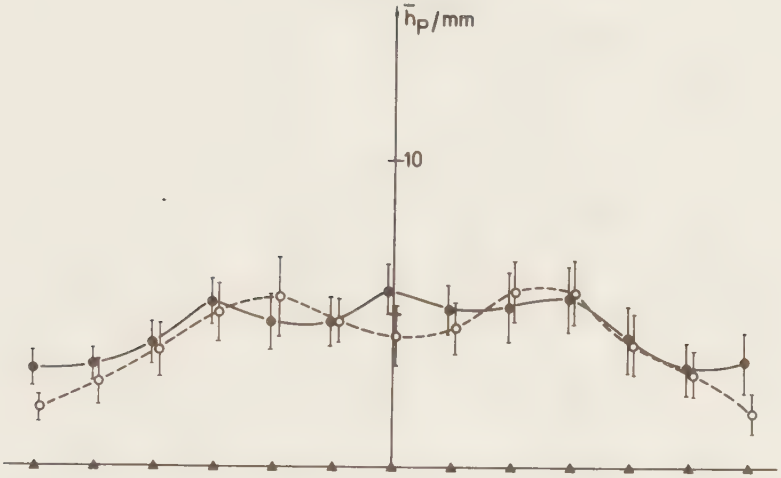
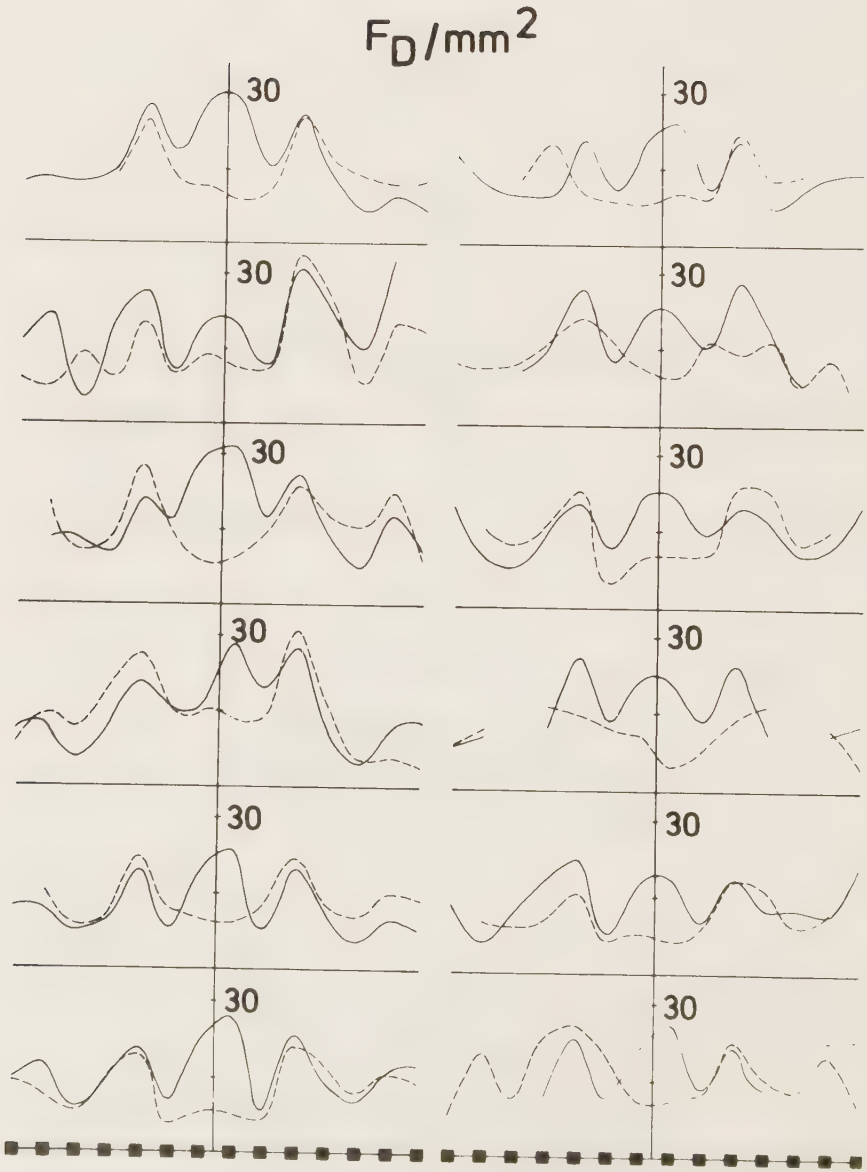


Abb. 5b. Die Höhen der Interdentalpapillen h_p als Mittelwerte über zwölf Probanden ▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 5a. Die Höhen der Interdentalpapillen h_p der zwölf Probanden ▲ Interdentalpapillen in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).


F_D/mm^2
30
30
30
30
30
30
30
30
30
30
30
30

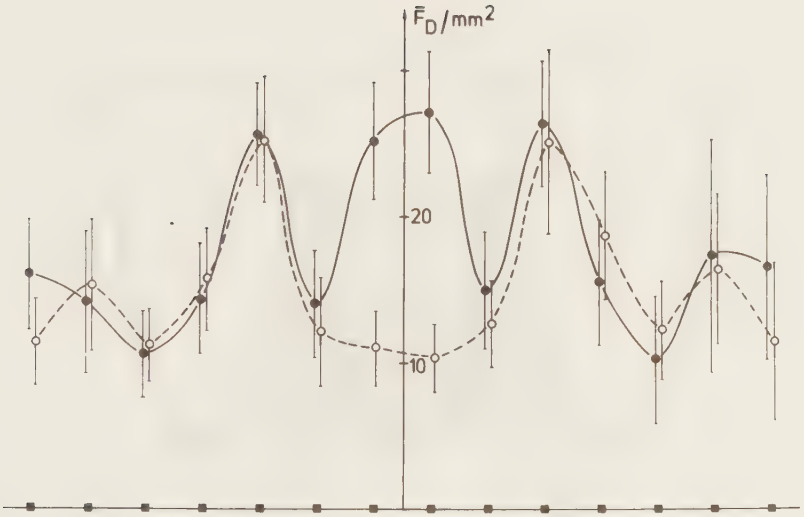


Abb. 6b. Die interpapillären Dentalflächen F_D als Mittelwerte über zwölf Probanden ■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 6a. Die interpapillären Dentalflächen F_D der zwölf Probanden ■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge (——— OK – – – – UK).

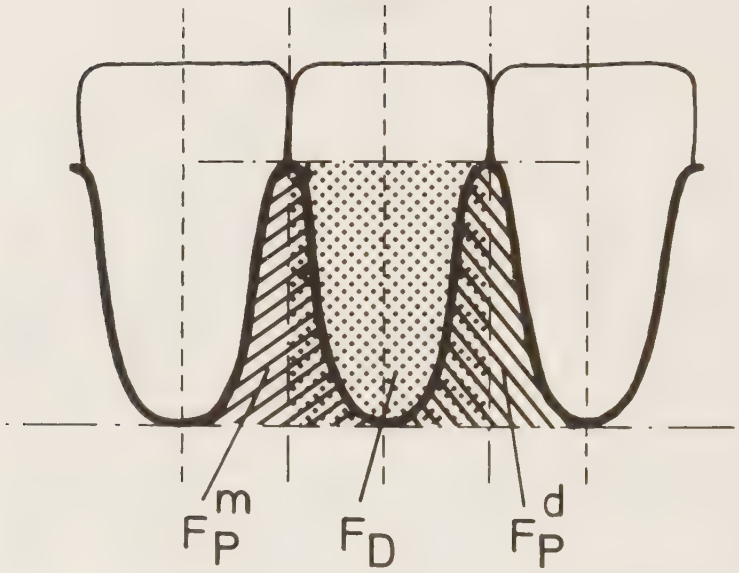


Abb. 7. Der Zusammenhang zwischen der Fläche der Interdentalpapille F_P und der interpapillären Dentalfläche F_D (entnommen [20]).

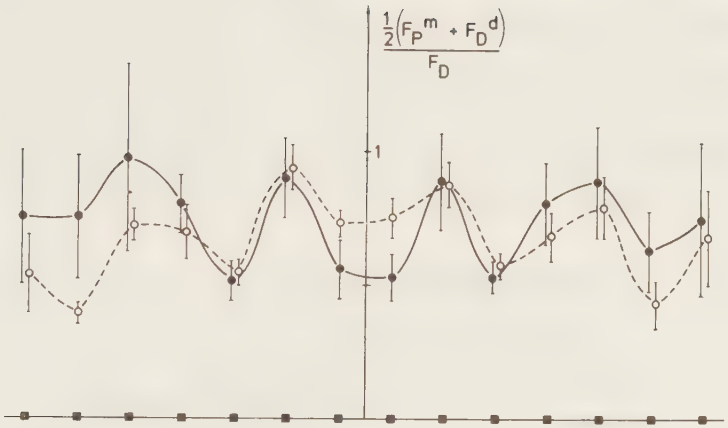


Abb. 8. Der Quotient $1/2 \frac{(F_P m + F_P d)}{F_D}$ als Mittelwert über zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

3.1.3 Der Rechts-Links-Vergleich der Meßgrößen

Zur Prüfung der durch den Zahnbogen vorgegebenen Symmetrie läßt sich der Quotient Q entsprechender Meßgrößen der rechten und linken Seite benutzen[5]). Der prozentuale Anteil der in den selbstgewählten Toleranzgrenzen liegenden Quotienten Q der Flächen der Interdentalpapillen F_P, der Breite der Basis der Interdentalpapillen b_P und der Dentalflächen F_D ist aus der Tab. 1 ersichtlich.

Tab. 1. Der Rechts-Links-Vergleich der Meßgrößen der mesio-distalen Auswertung (Q = Quotient sich entsprechender Meßgrößen der rechten und der linken Kieferhälfte in Prozent).

		$0.8 \leqq Q \leqq 1.2$	$0.8 > Q$	$Q > 1.2$
Fläche der Interdentalpapillen F_P	OK	67	12.5	20.5
	UK	75	12.5	12.5
Basisbreite der Interdentalpapillen b_P	OK	68	14.5	17.5
	UK	63	22.5	14.5
Interpapilläre Dentalfläche F_D	OK	65	16.5	18.5
	UK	61	21.5	17.5

5 Die Quotienten Q werden ihrem Wert nach entweder dem Intervall 0.8 bis 1.2 oder der Restmenge zugeordnet

Die Verteilung der Symmetrie der Meßgrößen (die Fläche der Interdentalpapille F_P, die Breite der Basis der Interdentalpapille b_P und die interpapilläre Dentalfläche F_D) über den Zahnbogen wird in der Tab. 2 dargestellt. Dabei wird der prozentuale Anteil der in den selbstgewählten Toleranzgrenzen liegenden Quotienten Q einzeln für jeweils sich entsprechende Interdentalpapillen oder Zähne aufgeführt.

Tab. 2. Die Verteilung der Symmetrie über den Zahnbogen bei der mesio-distalen Auswertung (Anteile der Quotienten Q (r/l), die im Intervall $0.8 \leq Q \leq 1.2$ liegen, in Prozent).

Interdentalpapillen		1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	
Fläche der Interdental-papillen F_P	OK	83	92	67	60	33	56	
	UK	67	75	55	64	50	50	
Basisbreite der Interdental-papillen b_P	OK	67	75	58	70	55	89	
	UK	92	75	67	64	50	44	
Zähne		1	2	3	4	5	6	7
Interpapilläre Dentalflächen F_D	OK	92	67	92	75	40	40	44
	UK	83	75	83	42	22	78	27

3.2 Die Ergebnisse der vestibulo-lingualen Auswertung

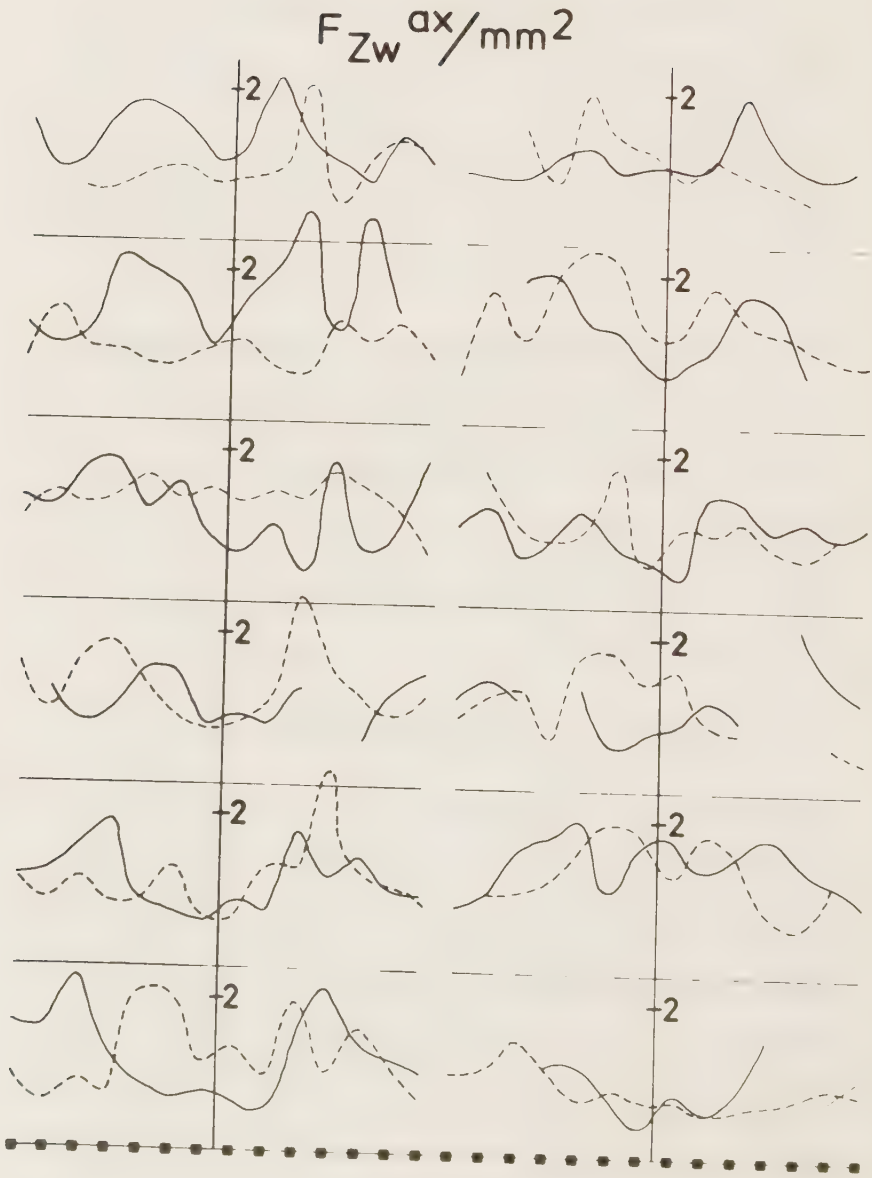
3.2.1 Die Flächen (Zwickel) F_{Zw} am Übergang Zahn - Gingiva

Die nach der Anleitung 2.2.2 ausgeführten medianen (ax), mesialen (m) und distalen (d) Schnitte durch die zu berücksichtigenden Zähne jedes einzelnen Probanden wurden nach der Vorschrift 2.3.2 ausgewertet. Die Abb. 9a, 10a, 11a zeigen die Flächenwerte aller zwölf Probanden.

Die für die drei Schnittrichtungen getrennt errechneten Mittelwerte der Flächen F_{Zw} der einzelnen Zähne sind den Abb. 9b, 10b, 11b zu entnehmen. Um die Änderung des Zwickels F_{Zw} beim Übergang von dem medianen Schnitt zu den mesial und distal durchgeführten Schnitten zu untersuchen, werden die mesialen und distalen auf den medianen Zwickel F_{Zw} eines Zahnes normiert. Hierzu werden die Quotienten $\frac{F_{Zw}^{m}}{F_{Zw}^{ax}}$ und $\frac{F_{Zw}^{d}}{F_{Zw}^{ax}}$ gebildet. Die über alle Probanden gebildeten Mittelwerte dieser Quotienten sind Abb. 15 zu entnehmen.

3.2.2 Die Meßstrecken a am Übergang Zahn - Gingiva

In allen medianen (ax), mesialen (m), und distalen (d) Flächen F_{Zw} werden die Meßstrecken a nach der Vorschrift 2.3.2.2 ermittelt. Getrennt für die drei Schnittführungen wurden aus den in den Abb. 12a, 13a, 14a aufgeführten Einzelwerten für jeden Zahn Mittelwerte errechnet, die die graphischen Darstellungen der Abb. 12b, 13b, 14b zeigen. Die auch hier zum Normieren der Zwickel F_{Zw} auf den medianen errechneten Quotienten a^{m}/a^{ax} und a^{d}/a^{ax} sind als Mittelwerte in Abb. 16 enthalten.


F_{Zw}^{ax}/mm^2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2

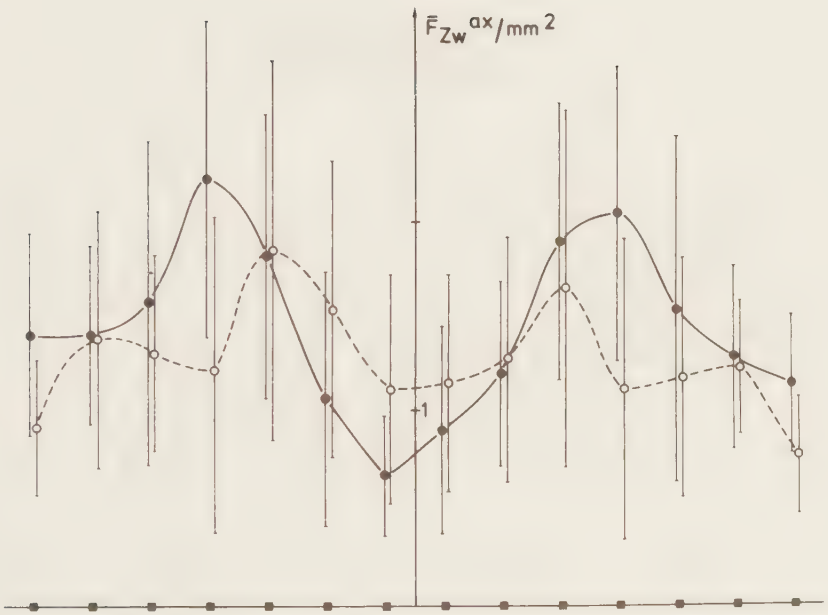


Abb. 9b. Die Flächen F_{Zw} der medianen Schnittführung (ax) als Mittelwerte über zwölf Probanden

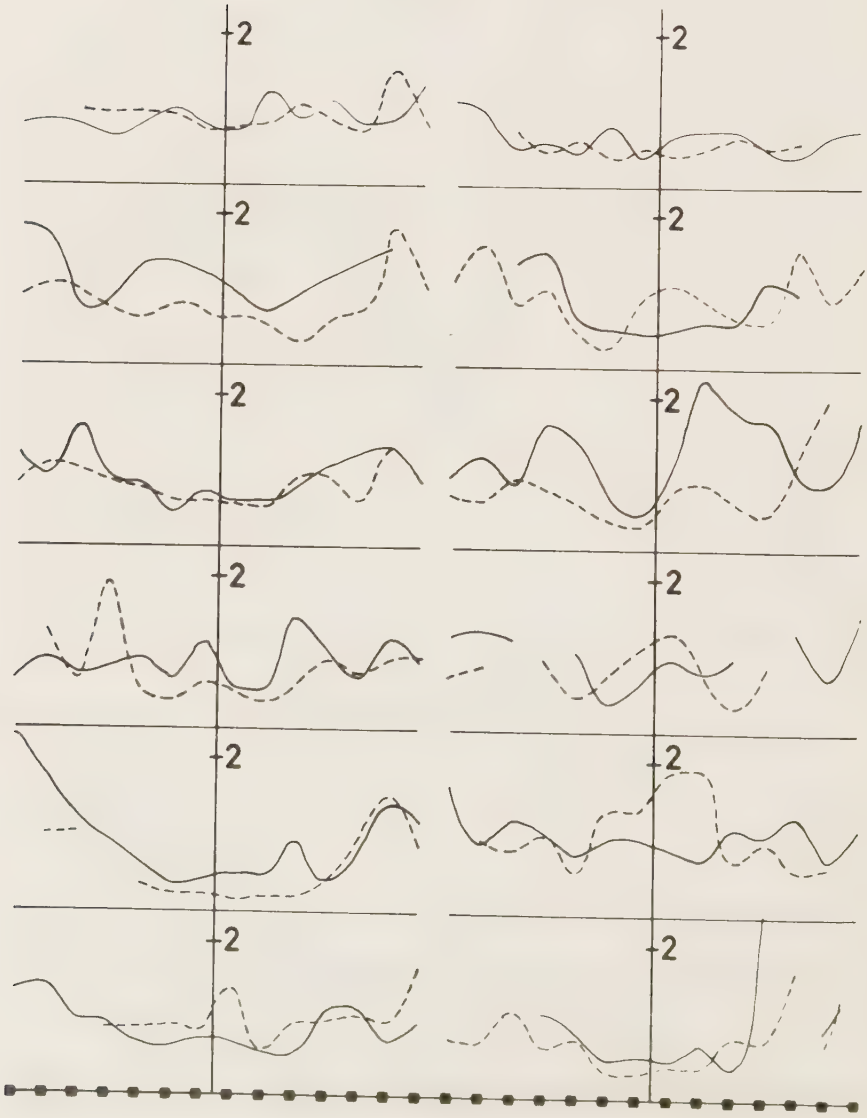
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 9a. Die Flächen F_{Zw} der medianen Schnittführung (ax) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).


F_{Zw} m/mm²
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2

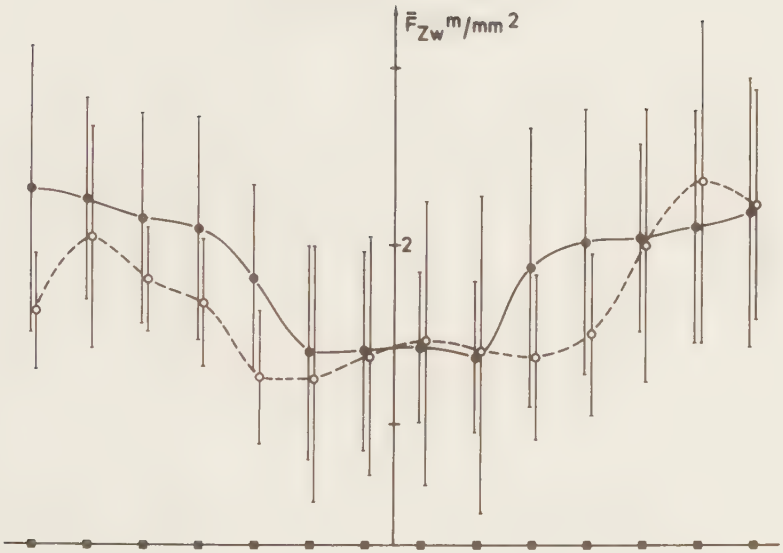


Abb. 10b. Die Flächen F_{Zw} der mesialen Schnittführung (m) als Mittelwerte über zwölf Probanden

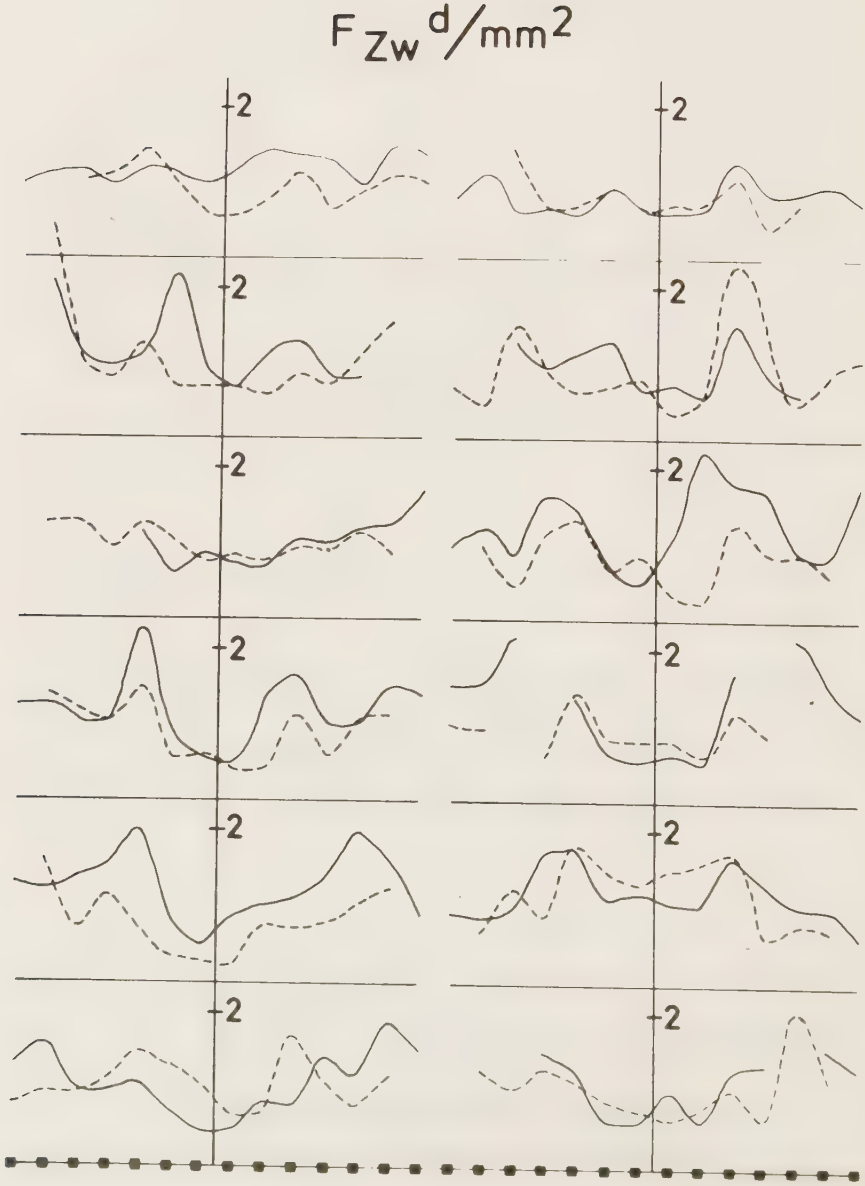
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 10a. Die Flächen F_{Zw} der mesialen Schnittführung (m) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).


F Zw d/mm2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2

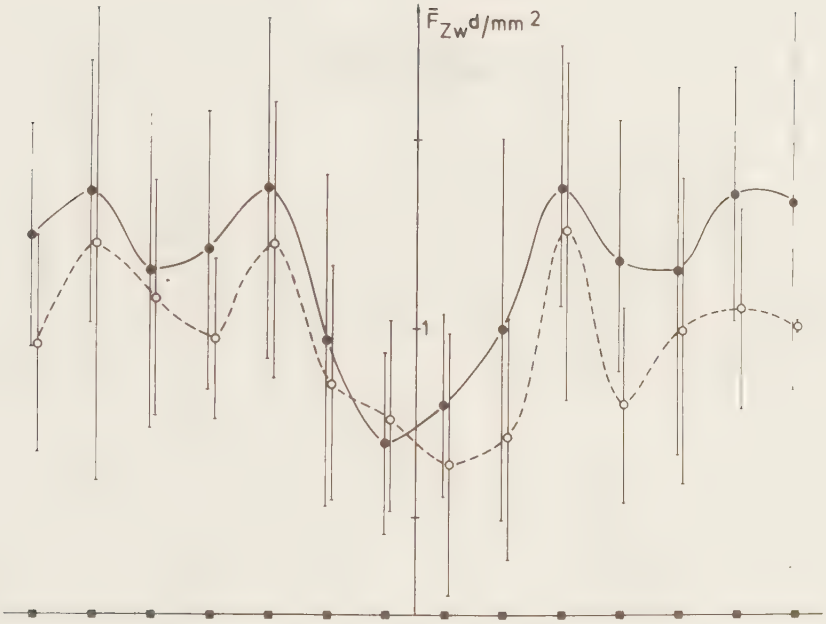


Abb. 11b. Die Flächen F_{Zw} der distalen Schnittführung (d) als Mittelwerte über zwölf Probanden

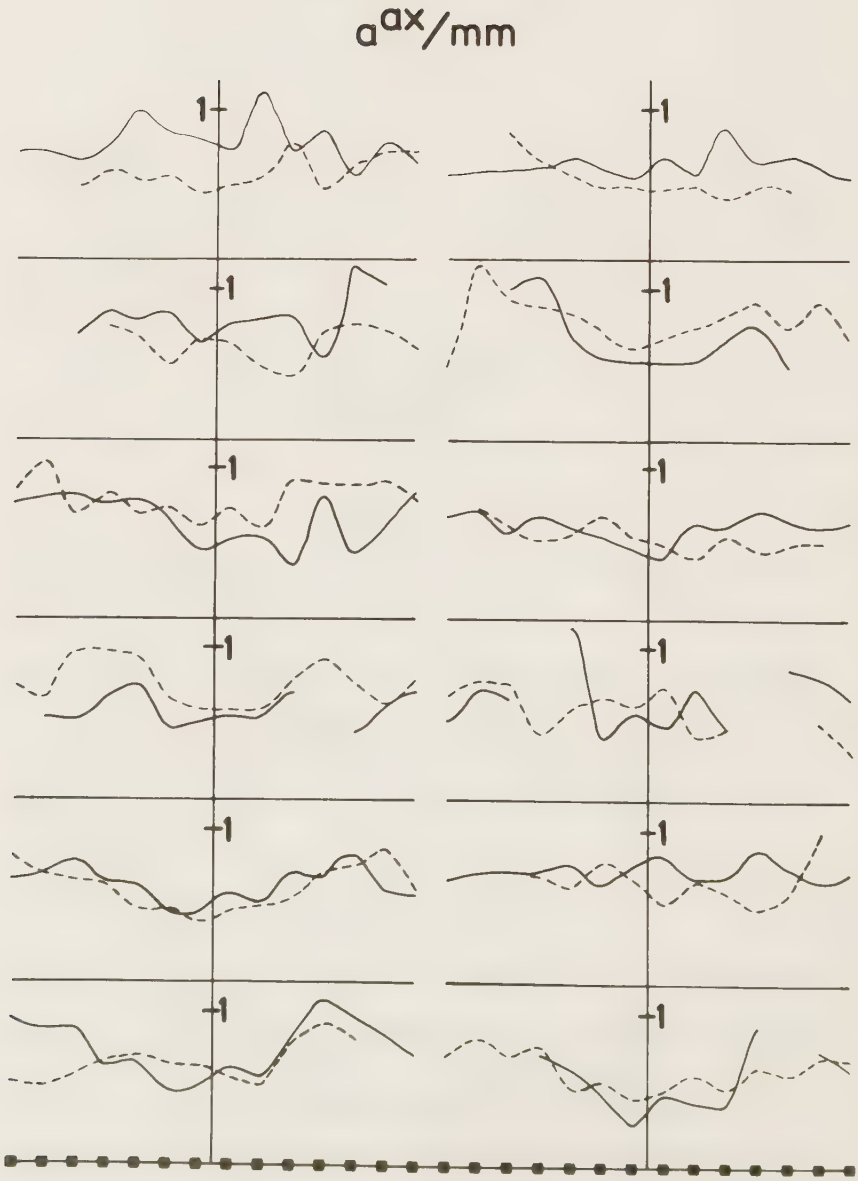
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◄ Abb. 11a. Die Flächen F_{Zw} der distalen Schnittführung (d) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).


a^{ax}/mm
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1

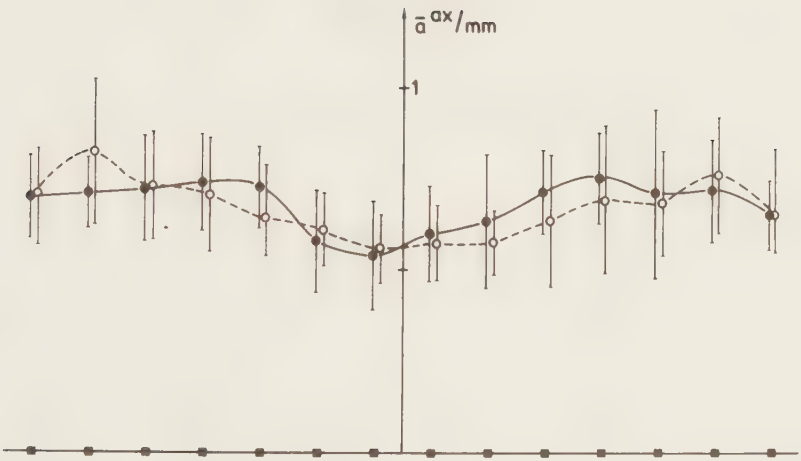


Abb. 12b. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der medianen Schnittführung (ax) als Mittelwerte über zwölf Probanden

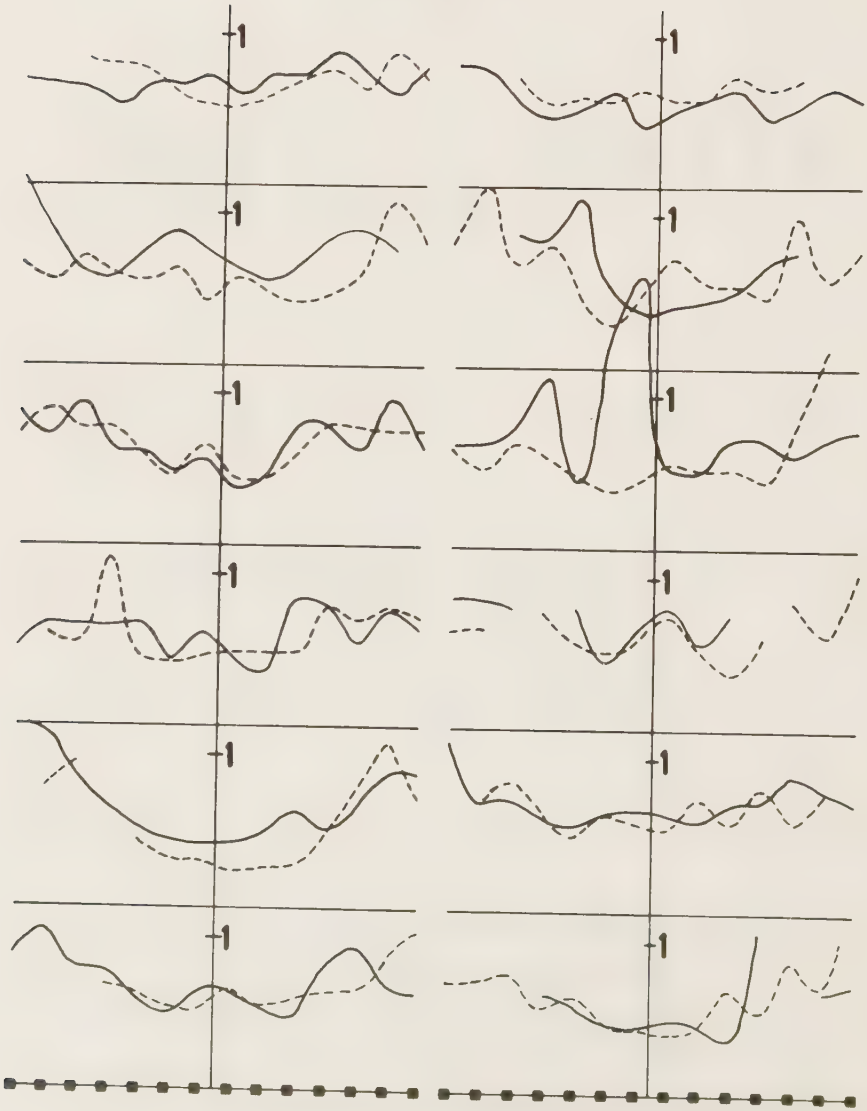
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 12a. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der medianen Schnittführung (ax) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).


a^m/mm
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1

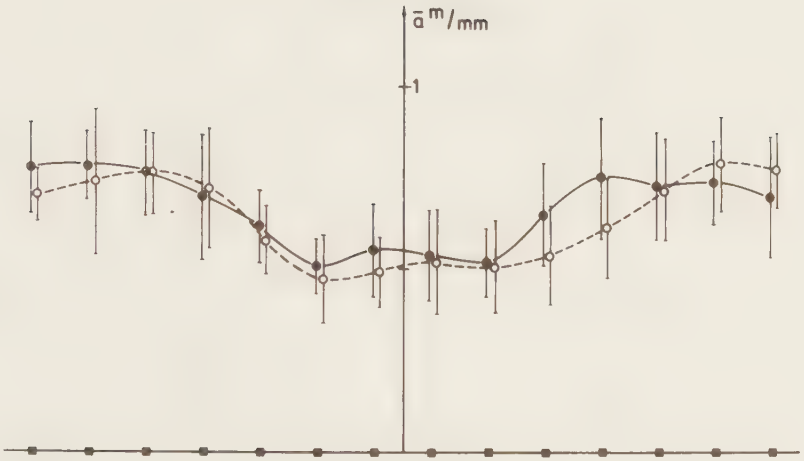


Abb. 13b. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der mesialen Schnittführung (m) als Mittelwerte über zwölf Probanden

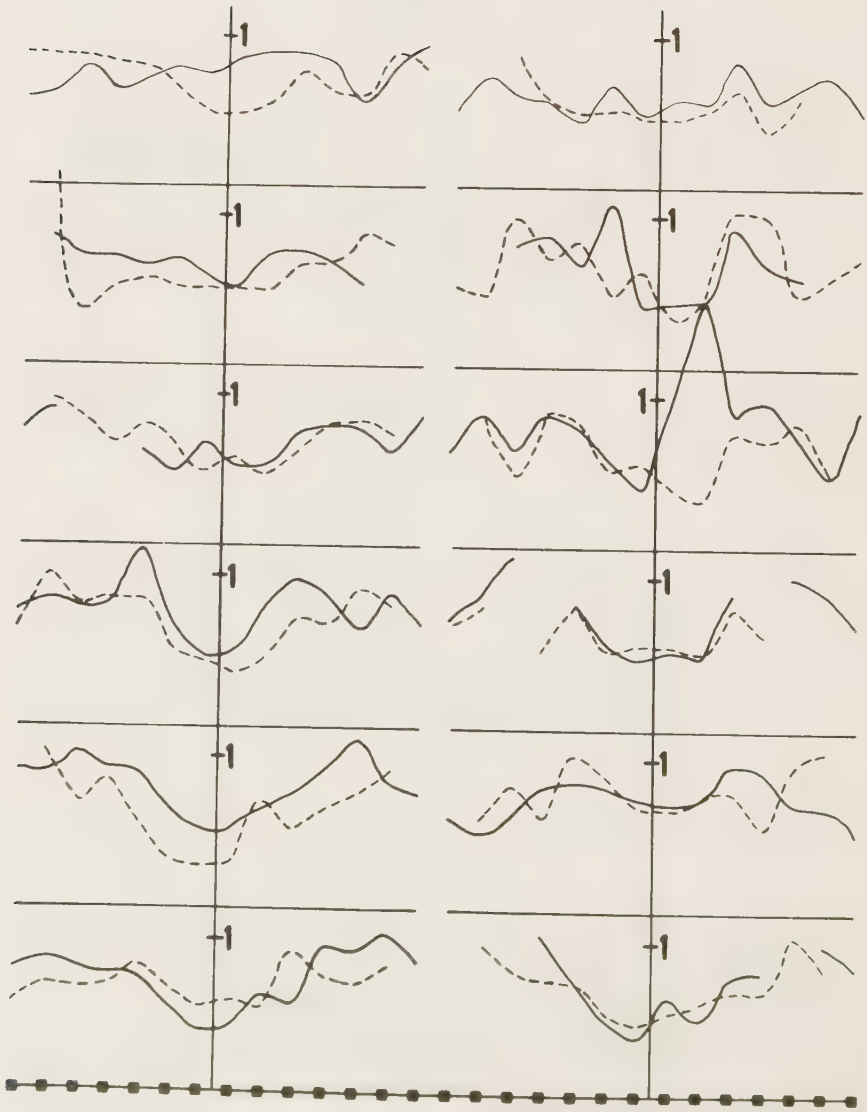
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 13a. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der mesialen Schnittführung (m) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).


a^d/mm
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1
1

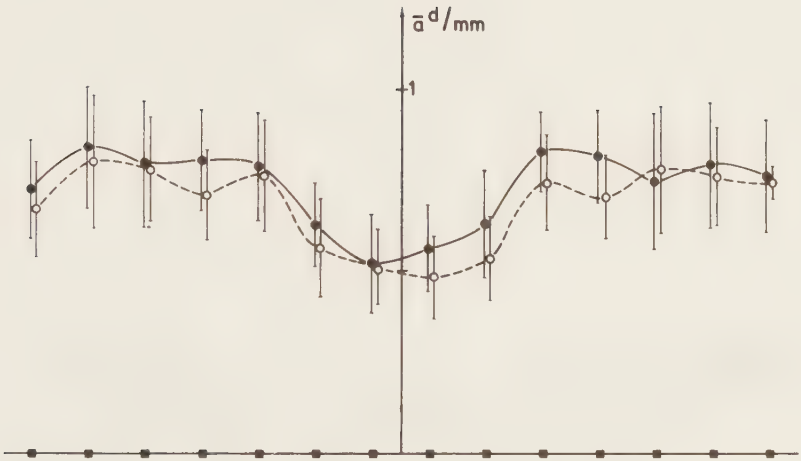


Abb. 14b. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der distalen Schnittführung (d) als Mittelwerte über zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

◀ Abb. 14a. Die Meßstrecken a der Flächen F_{Zw} der distalen Schnittführung (d) der zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge

(——— OK – – – – UK).

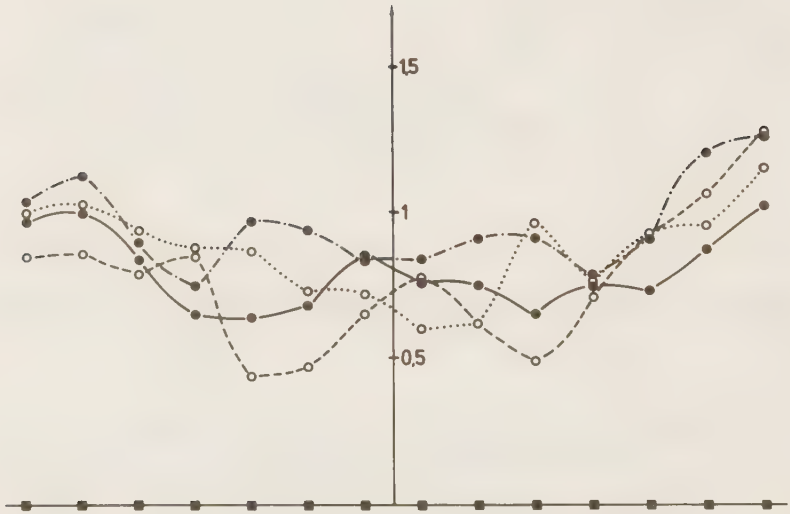


Abb. 15. Die Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ (——— OK – – – – UK) und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$ (–·–·–·– OK ····· UK) der Flächen F_{Zw} als Mittelwerte über zwölf Probanden

■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge.

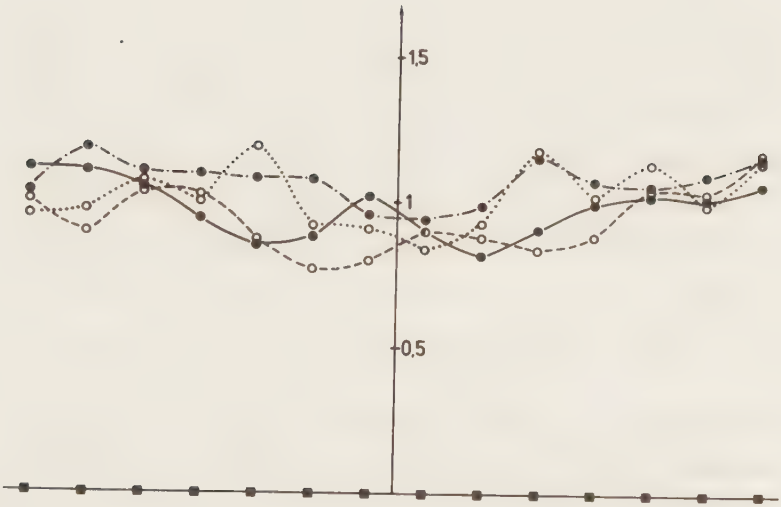


Abb. 16. Die Quotienten a^m/a^{ax} (——— OK – – – – UK)
und a^d/a^{ax} (–·–·–·– OK ····· UK) der Meßstrecken a
der Flächen F_{Zw} als Mittelwerte über zwölf Probanden
■ Zähne in der anatomischen Reihenfolge.

4 DISKUSSION

4.1 Die mesio-distale Auswertung

4.1.1 Die Meßgrößen der Interdentalpapillen

Vergleicht man die Meßwerte der Interdentalpapillen der zwölf Probanden, so treten Gemeinsamkeiten, wenn auch mit unterschiedlicher Deutlichkeit, in Erscheinung. Der Ausgleich der individuellen Einflüsse wie Dreh-, Kipp-, Eng- und Weitstände, Füllungen, Kronen und Provisorien gelingt weitgehend durch die Mittelwertbildung. Diese individuellen Einflüsse auf die Meßergebnisse wurden von KRÄUTLER [2], der der gleichen Arbeitsgruppe angehört, eingehend untersucht und dargestellt. Auf sie soll im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

Betrachtet man die einzelnen Interdentalpapillen im Oberkieferfrontzahngebiet, so besitzt jeweils die zwischen den beiden mittleren Schneidezähnen die größte Fläche $\bar{F}_P$ (Abb. 3b), Breite $\bar{b}_P$ (Abb. 4b) und Höhe $\bar{h}_P$ (Abb. 5b). Der Grund liegt zum einen in der Größe und Form der beiden die Interdentalpapille einschließenden Zähne, zum anderen aber auch in dem mitunter vorhandenen, mehr oder weniger ausgeprägtem Diastema mediale. Durch die besonders breiten Kronen der beiden mittleren Schneidezähne ergibt sich eine auffällige Breite der Basis der Interdentalpapille b_P (Abb. 1c). Für deren Höhe h_P ist die Länge der klinischen Krone verantwortlich. Beide Komponenten bestimmen die Fläche der Interdentalpapille F_P.

Bei einigen Interdentalpapillen lassen sich in den graphischen Darstellungen (Abb. 3b, 4b, 5b) Besonderheiten beobachten. So fällt in der Seitenzahnregion des Oberkiefers die Interdentalpapille zwischen Eckzahn und erstem Prämolaren besonders auf. Ihre Ausmaße werden in symmetrisch auftretenden Maxima der graphischen Darstellungen der Flächen $\bar{F}_P$, Breiten $\bar{b}_P$ und Höhen $\bar{h}_P$ der Interdentalpapillen deutlich. Die Ursache hierfür ist in der langen klinischen Krone des Eckzahnes begründet (Abb. 7). Die große Fläche der Interdentalpapille $\bar{F}_P$ zwischen den ersten und zweiten Molaren des Oberkiefers hat ihre Ursache in der Breite $\bar{b}_P$ dieser Interdentalpapille, wie ein Vergleich des Kurvenverlaufs zeigt (Abb. 3b, 4b).

Die schmale Form der Unterkieferfrontzähne läßt schmale, nicht sehr hohe und kleinflächige Interdentalpapillen entstehen. Die gerade im Oberkiefer- und Unterkieferfrontzahngebiet sehr unterschiedlichen Zahnformen und -größen spiegeln sich im divergierenden Kurvenverlauf der graphischen Darstellungen der Abb. 3b und Abb. 4b wider.

Bei oberflächenmorphometrischen Untersuchungen bestimmte MIERAU [6] an einem Kollektiv mit physiologischer Gingiva die Flächen der fünf Interdentalpapillen $\bar{F}_P$ des Frontzahngebiets im Unterkiefer. Der Vergleich der Mittelwerte dieser Erhebung mit den entsprechenden Ergebnissen dieser Arbeit zeigt eine gute Übereinstimmung (Tab. 3).

Wie aus Abb. 3b und Abb. 5b hervorgeht, sind die größten Flächen $\bar{F}_P$ und Höhen $\bar{h}_P$ des Unterkieferzahnbogens an den Interdentalpapillen mesial und distal des Eckzahnes zu finden. Ausschlaggebend hierfür ist

Tab. 3. Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit Untersuchungen von MIERAU [6]
Die Mittelwerte der Flächen der Interdentalpapillen F_P in Quadratmillimetern.

Interdentalpapillen	43/42	42/41	41/31	31/32	32/33
zwölf Probanden	12,92	9,12	6,91	8,32	13,75
Standardabweichungen	±4,28	±2,30	±1,84	±2,49	±4,21
acht Probanden [6]	11,80	8,20	5,90	7,05	12,13
Standardabweichungen	±2,37	±2,13	±1,31	±1,72	±2,46

wiederum die Länge und Breite der klinischen Krone des Eckzahnes (Abb. 7). Des weiteren nehmen im Unterkiefer die distal des ersten Prämolaren gelegenen Interdentalpapillen stetig an Fläche $\bar{F}_P$ ab (Abb. 3b). Dies ist um so bemerkenswerter, als die Breite der Interdentalpapille $\bar{b}_P$ in diesem Bereich zunimmt (Abb. 4b). Gleichzeitig erfolgt jedoch eine Abnahme der Höhe der Interdentalpapille $\bar{h}_P$ (Abb. 5b). Insgesamt sind Fläche $\bar{F}_P$ und Höhe $\bar{h}_P$ der Interdentalpapillen in der Seitenzahnregion des Unterkiefers geringer als im gleichen Gebiet des Oberkiefers. Dies könnte auf den Einfluß der Bißverhältnisse im Seitenzahngebiet zurückzuführen sein, da hier die vestibulären Höcker der Oberkieferzähne in normaler Okklusion über die vestibulären Höcker der Unterkieferzähne beißen. Dabei könnte eine stärkere Straffung der marginalen Gingiva im Unterkiefer als Folge auftreten. Derartige Verhältnisse sollten sich an Probanden, die im Seitenzahngebiet einen Kreuzbiß aufweisen, überprüfen lassen.

Interessant ist der Vergleich der Werte der m-d Auswertung mit den von SCHUMACHER und SCHMIDT [17] ermittelten Längen L und Breiten B der Zahnkronen. Die Mittelwerte der Länge L und der Breite B sind in Abb. 17 und Abb. 18 aufgetragen, um sie den Ergebnissen eigener Untersuchungen gegenüberstellen zu können. Der weitgehend identische Verlauf der Kurvenzüge der Fläche der Interdentalpapille $\bar{F}_P$ Abb. 3b), der Höhe der Interdentalpapille $\bar{h}_P$, der Höhe der Interdentalpapille h_P (Abb. 5b) und der interpapillären Dentalfläche $\bar{F}_D$ (Abb. 6b) mit der Länge $\bar{L}$ der Zahnkronen (Abb. 17), läßt den Einfluß der Länge L auf diese Meßgrößen erkennen. Die Relation der Kurvenzüge der Breite der Zahnkronen $\bar{B}$ (Abb. 18) und der Breite der Basis der Interdentalpapillen $\bar{b}_P$ (Abb. 4b) weist auch hier auf einen engen Zusammenhang hin, der durch die Festlegung der Breite b_P als Verbindung der Schnittpunkte Kronenachse - Limbus gingivalis zweier benachbarter Zähne bedingt ist.

Ein tieferes Verständnis des Zusammenhangs der Länge L der Zahnkronen mit der Fläche F_P und der Höhe h_P der Interdentalpapillen beziehungsweise der interpapillären Dentalflächen F_D erlangt man durch die Betrachtung des für die Gestalt der Gingiva offensichtlich mitverantwortlichen Verlaufs der Schmelz-Zement-Grenze. Diese bestimmt bekanntlich den Ansatz des Saumepithels und steht approximal zudem in enger Verknüpfung mit der Lage des Kontaktpunktes. Vestibulär verläuft der Limbus gingivalis weitgehend parallel zur Schmelz-Zement-Grenze. Nach ORBAN [14] hängen Form und Struktur des im Interdentalraum gelegenen Gingivagewebes davon ab, in welchem Kontakt benachbarte Zähne zueinander stehen. SCHROEDER [16] weist auf den Zusammenhang zwischen Lage und Ausdehnung des Zahnkontaktes sowie der Lage und Form des interdentalen

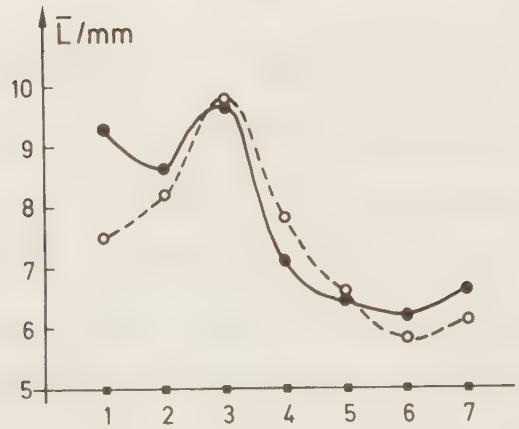


Abb. 17. Die Länge L der Zahnkronen als Mittelwerte nach SCHUMACHER und SCHMIDT [17] (entnommen Tab. 83, S. 396)
Zähne in der anatomischen Reihenfolge
(——— OK – – – – UK).

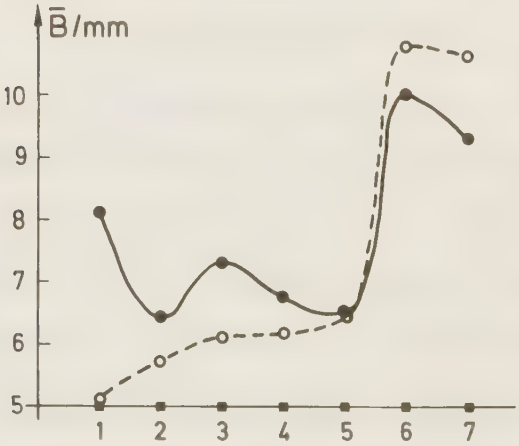


Abb. 18. Die Breite B der Zahnkronen als Mittelwerte nach SCHUMACHER und SCHMIDT [17] (entnommen Tab. 83, S. 396)
Zähne in der anatomischen Reihenfolge
(——— OK – – – – UK).

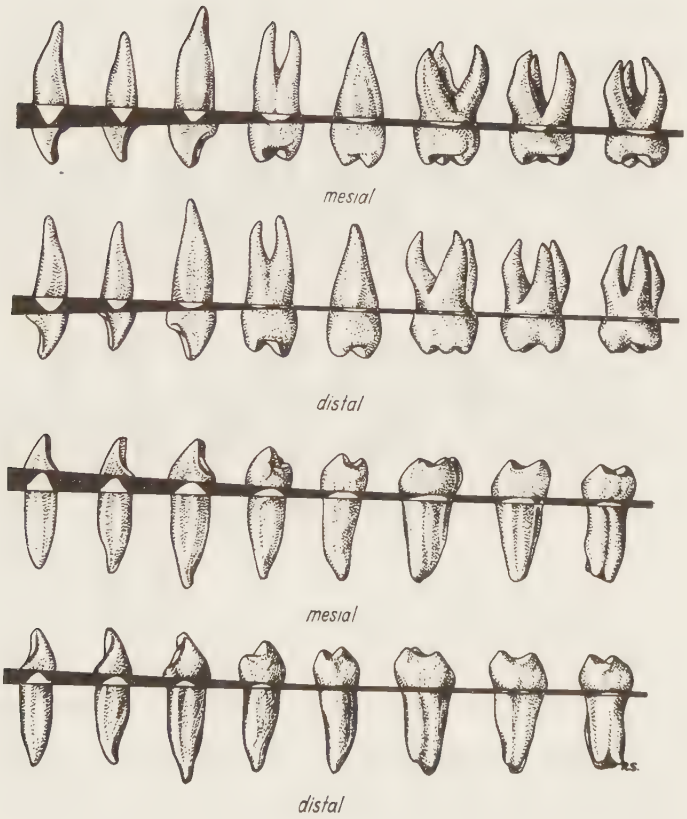


Abb. 19. Die Veränderung des Abstandes vom vestibulär apikalsten bis zum approximal inzisalsten Punkt der Schmelz-Zement-Grenze im Zahnbogen (entnommen aus [17] Abb. 273, S. 397).

Abb. 20. Die Lage des Kontaktpunktes in Relation zum vestibulären Verlauf der Schmelz-Zement-Grenze (Entnommen aus [17] Abb. 207, S. 326).

Col hin. Nach PILOT [15] überragen die vestibulären und lingualen Spitzen der Interdentalpapillen den bis unterhalb des Kontaktpunktes liegenden Col um 0,1 bis 2 Millimeter. Da nach der in 2.1 festgelegten Probandenwahl alle Probanden geschlossene Zahnreihen aufwiesen und somit lückig stehende Zähne mit kragenförmig umgebender Gingiva [14] nicht vorlägen, können die Ergebnisse als repräsentativ für die aus dem Schrifttum herangezogenen Vergleiche [14, 15, 16] angesehen werden. So zeigt Abb. 19 deutlich, daß sich der Abstand vom vestibulär apikalsten bis zum approximal inzisalsten Punkt der gilandenförmig verlaufenden Schmelz-Zement-Grenze im Zahnbogen ähnlich ändert, wie die Höhe der Interdentalpapille $\bar{h}_P$ (Abb. 5b). Ebenso verhält sich die vertikale Distanz zwischen dem apikalsten Punkt der Schmelz-Zement-Grenze und den interdentalen Kontaktarealen (Abb. 20).

4.1.2 Die interpapillären Dentalflächen F_D und ihre Beziehungen zu den Interdentalpapillen

Die Mittelwerte der interpapillären Dentalflächen F_D der einzelnen Zähne spiegeln die durch den Zahnbogen vorgegebene Symmetrie deutlich wider (Abb. 6b). Trotz unterschiedlicher Gestalt weisen im Oberkiefer die mittleren Schneidezähne und die Eckzähne nahezu gleiche interpapilläre Dentalflächen auf, die zudem die größten des gesamten Zahnbogens sind. Der seitliche Schneidezahn erreicht nur wenig mehr als die Hälfte der Werte seiner beiden Nachbarn. Die kleinsten interpapillären Dentalflächen weisen die Schneidezähne des Unterkiefers auf. Die

Ergebnisse der Untersuchung des Unterkieferfrontzahngebietes von MIERAU [6], die an einem Kollektiv von acht Probanden durchgeführt wurde, stimmen mit denen der hier untersuchten zwölf Probanden überein (Tab. 4).

Tab. 4. Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit Untersuchungen von MIERAU [6]
Die Mittelwerte der interpapillären Dentalflächen F_D im Unterkieferfrontzahngebiet in Quadratmillimetern.

	mittlere Schneidezähne	seitliche Schneidezähne	Eckzähne
zwölf Probanden	10,74	12,47	24,78
Standardabweichungen	±2,49	±3,33	±4,39
acht Probanden [6]	10,77	12,56	23,60
Standardabweichungen	±1,92	±2,64	±3,84

Im Seitenzahngebiet weist sowohl im Unterkiefer als auch im Oberkiefer der zweite Prämolar die kleinste interpapilläre Dentalfläche $\bar{F}_D$ auf (Abb. 6b). Er nimmt nach KÜHL und TABATA [3] aufgrund der geringen Ausmaße seiner klinischen Krone diese Sonderstellung ein. Beim Vergleich der Molaren fällt die deutlich geringere interpapilläre Dentalfläche $\bar{F}_D$ des zweiten Unterkiefermolaren auf. Da die interpapilläre Dentalfläche F_D durch die Spitzen der Interdentalpapillen abgegrenzt wird, ist dieser Befund eine Folge der in diesem Gebiet geringen Höhen der Interdentalpapil-

len $\bar{h}_P$ (Abb. 5b).

Nach SINGER und MIERAU [20] bietet der Quotient aus der Fläche der Interdentalpapille F_P und der interpapillären Dentalfläche F_D die Möglichkeit der Einordnung des oberflächenmorphologischen Bildes in eine physio- oder pathomorphologische Zustandsform. So sind F_P und F_D im pathomorphologischen Stadium gleich groß, während unter physiomorphologischen Bedingungen die Fläche der Interdentalpapille F_P zugunsten der interpapillären Dentalfläche F_D abgenommen hat und nur mehr 70 Prozent jener ausmacht. Der in der betreffenden Veröffentlichung angeführte Vergleich der Quotienten F_P/F_D verschiedener Kollektive mit physiomorphologischer Gingiva zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen dieser Untersuchung. Der Quotient F_P/F_D wurde nur für die Unterkieferfront angegeben [20].

Vergleicht man die Ergebnisse für den gesamten Zahnbogen, so zeigt sich, daß im Oberkiefer bei den seitlichen Schneidezähnen und den zweiten Prämolaren die Fläche der Interdentalpapillen mehr als 70 Prozent der interpapillären Dentalfläche erreicht (Abb. 8). Wie Abb. 8 weiter zeigt, geschieht dies bei den Zähnen mit einer vergleichsweise kleinen interpapillären Dentalfläche. Die Quotienten aller übrigen Zähne liegen unterhalb von 0,70. Der Kurvenverlauf der Mittelwerte der Quotienten F_P/F_D (Abb. 8) ist dem der interpapillären Dentalflächen $\bar{F}_D$ (Abb. 6b) entgegengesetzt. Da die Flächen der Interdentalpapillen aus den Werten der beiden dem Zahn benachbarten Interdentalpapillen gemittelt sind, wird der Dividend F_P annähernd konstant gehalten, während die interpapilläre Dentalfläche F_D von Zahn zu Zahn stark variiert. Daher determiniert die

interpapilläre Dentalfläche als Divisor den Quotienten F_P/F_D, so daß die Maxima des einen Kurvenzugs (Abb. 6b) sich im anderen als Minima (Abb. 8) darstellen.

4.1.3 Der Rechts-Links-Vergleich der Meßgrößen

Die aus korrespondierenden Meßgrößen einer rechten und linken Kieferhälfte gebildeten Quotienten Q vermitteln einen Eindruck von der Symmetrie des Zahnbogens. Die Tab. 1 zeigt wieviele der Meßwerte mit einer maximalen Abweichung von 20 Prozent (selbstgewählte Toleranzgrenzen) übereinstimmen, während aus der Tab. 2 die Verteilung der übereinstimmenden Werte im Zahnbogen ersichtlich ist.

Betrachtet man die Übereinstimmung der Flächen der Interdentalpapillen F_P, so zeigt sich, daß im Oberkiefer 67 Prozent und im Unterkiefer 75 Prozent der Rechts-Links-Quotienten Q in die Toleranzgrenzen fallen (Tab. 1). Diese für Weichgewebe erstaunliche Symmetrie ist besonders im Frontzahngebiet zu finden (Tab. 2). Ebenso verhalten sich die Meßwerte der Breite der Basis der Interdentalpapille b_P, von denen im Oberkiefer 68 Prozent und im Unterkiefer 63 Prozent innerhalb der Toleranzgrenzen liegen (Tab. 1). Die Übereinstimmung der beiden Interdentalpapillen zwischen dem mittleren und seitlichen Schneidezahn des Unterkiefers erreicht sogar einen Wert von 92 Prozent (Tab. 2). Betrachtet man die mittleren und seitlichen Schneidezähne des Unterkiefers, so fällt die ähnliche Morphologie ihrer Kronen auf, die die große Übereinstimmung der zwischen ihnen liegenden Interdentalpapillen

erklärt. Während im Oberkiefer 65 Prozent der sich entsprechenden interpapillären Dentalflächen F_D der rechten und linken Kieferregionen übereinstimmen, sind es im Unterkiefer nur 61 Prozent (Tab. 1). Dieser geringe Unterschied dürfte zufallsbedingt sein.

MIETHKE [12] fand bei einer Untersuchung über signifikante Asymmetrien der Zahnbreiten am bleibenden Gebiß maximale Rechts-Links-Differenzen von 17 Prozent des Zahnbreitenmittelwertes. Die geringere Rechts-Links-Übereinstimmung der interpapillären Dentalflächen dieser Arbeit ist vor allem auf die Beteiligung der Höhe der Interdentalpapille h_P an der Abgrenzung der interpapillären Dentalflächen zurückzuführen (Abb. 7). Wie Tab. 2 zu entnehmen ist, sind sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer ein Großteil aller übereinstimmenden Werte im Frontzahngebiet zu finden und im Oberkiefer besonders am mittleren Schneidezahn und am Eckzahn. An diesen Zähnen fand auch MIETHKE [12] die geringsten Rechts-Links-Differenzen und bezeichnete sie als die konstantesten Zähne des Zahnbogens. Nach Untersuchungen von SCHUMACHER und SCHMIDT [17] über die Maße extrahierter Zähne sind die Werte der Standardabweichungen der Meßgrößen der Zahnkronen im gesamten Zahnbogen annähernd konstant. Eine generell verminderte Übereinstimmung der Dimensionen sich entsprechender Zahnkronen im Seitenzahngebiet kann daher ausgeschlossen werden. Somit müssen Faktoren wie Füllungen und Zahnfehlstellungen, die in der Mundhöhle besonders in der Seitenzahnregion auftreten, für die schlechte Rechts-Links-Vergleichbarkeit in diesem Bereich verantwortlich gemacht werden.

4.2 Die vestibulo-linguale Auswertung

Nach MIERAU [6] stellt die nach Anlegen der Tangente am Übergang Zahn - Gingiva gebildete Fläche F_{Zw} einen Bezirk dar, der zur Plaquebildung bevorzugt in Frage kommt. Untersuchungen von MIERAU und SINGER [7, 8, 9, 19], die in der gingivanahen Randzone der Zahnoberfläche eine hohe Reproduzierbarkeit der Belagbildung ergaben, bestätigen diese Annahme.

In bisherigen Veröffentlichungen [2, 6, 20] wurden jedoch nur Zwickel F_{Zw} berücksichtigt, die durch einen medianen v-li Schnitt entstanden sind (Anhang 1). Da aber die gesamte Randzone der Übergangsregion Zahn - Gingiva entlang des Limbus gingivalis eine Prädilektionsstelle für die Plaquebildung darstellt, werden in dieser Untersuchung drei Lokalisationen, eine mediane (ax), eine mesiale (m) und eine distale (d) gemäß der Kriterien 2.3.2.1 bewertet. Zur Prüfung der lokalen Abhängigkeit der Größe dieser Zwickel F_{Zw} wurden die Werte für jeden Zahn und die der drei Schnittlokalisationen über das gesamte Kollektiv gemittelt, so daß zufällige Befunde in der Summation durch wiederkehrende Merkmale eliminiert wurden.

4.2.1 Die mediane Schnittführung

Die Ergebnisse der medianen Schnittführung zeigen im Oberkiefer ein stetes Ansteigen der Flächenwerte $\bar{F}_{Zw}ax$ vom ersten Schneidezahn über den Eckzahn bis zum ersten Prämolaren, während der zweite Prämolar einen

deutlich kleineren Zwickel $\bar{F}_{Zw}ax$ aufweist, der im Bereich der Molaren nur noch geringfügig abnimmt (Abb. 9b). Im Unterkiefer ergibt sich für die Frontzahnregion ein dem Oberkiefer ähnliches Bild. Die Fläche $\bar{F}_{Zw}ax$ am ersten Prämolaren des Unterkiefers ist jedoch im Gegensatz zu den Verhältnissen im Oberkiefer kleiner als der seines mesialen Nachbarn. Diesen Flächenwert finden wir auch bei den zweiten Prämolaren und den Molaren.

Die von MIERAU [6] an den unteren Frontzähnen von acht Probanden durchgeführten Erhebungen der Zwickel $\bar{F}_{Zw}ax$ sind mit den Daten der hier berücksichtigten zwölf Probanden zu vergleichen (Tab. 5).

Tab. 5. Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit Untersuchungen von MIERAU [6]
Die Mittelwerte der Flächen $F_{Zw}ax$ der medianen Schnittführung im Unterkieferfrontzahngebiet in Quadratmillimetern.

	mittlere Schneidezähne	seitliche Schneidezähne	Eckzähne
zwölf Probanden	1,06	1,21	1,38
Standardabweichungen	±0,29	±0,39	±0,49
acht Probanden [6]	0,74	1,02	1,12
Standardabweichungen	±0,08	±0,18	±0,22

Unter Berücksichtigung der Standardabweichungen ergibt sich eine Übereinstimmung der Meßwerte.

Eine für die Klärung der Verhältnisse am dento-gingivalen Übergang interessante Größe ist die Meßstrecke a im Zwickel F_{Zw}. Die geometrische Vereinfachung der Fläche F_{Zw} führt zu einem Dreieck, dessen Höhe mit der Meßstrecke a identisch ist (Abb. 21). Für den Vergleich mit anderen Meßgrößen eignet sich der Mittelwert der untersuchten Zähne von zwölf Probanden, da die Strecke a (als Tiefe des Zwickels F_{Zw} im Gingivamorphogramm) die größte Ausdehnung des für die Belagbildung in Frage kommenden Bezirks repräsentiert.

Die bei der medianen Schnittführung gewonnenen Meßstrecken $\bar{a}^{ax}$ werden im Oberkiefer vom mittleren Schneidezahn bis zum ersten Prämolaren immer länger (Abb. 12b), von dort bis zum zweiten Molaren bleiben sie jedoch etwa konstant. Im Unterkiefer nimmt die Meßstrecke $\bar{a}^{ax}$ vom ersten Schneidezahn bis zum ersten Molaren kontinuierlich zu; die des zweiten Molaren ist jedoch geringer als die seines mesialen Nachbarn.

Das den Flächen $\bar{F}_{Zw}ax$ (Abb. 9b) ähnliche Verhalten der Meßstrecken $\bar{a}^{ax}$ (Abb. 12b) beweist die Berechtigung der geometrischen Vereinfachung zum Dreieck (wie in Abb. 21 angedeutet); die Tiefe des Zwickels F_{Zw} muß demnach einer der Faktoren sein, die die Retentionskapazität dieser Region für die Plaquebildung beeinflussen. Die im Seitenzahngebiet des Unterkiefers fehlende Analogie zwischen den Flächen $\bar{F}_{Zw}ax$ und den Meßstrecken $\bar{a}^{ax}$ läßt vermuten, daß in dieser Region die Verhältnisse polykausaler sind. Da sich in beiden Kiefern die Werte der Flächen $\bar{F}_{Zw}ax$ in einem größeren Ausmaß ändern als die der Meßstrecken $\bar{a}^{ax}$ (Abb. 9b und Abb. 12b) der einzelnen Zähne, kann dies als Hinweis auf

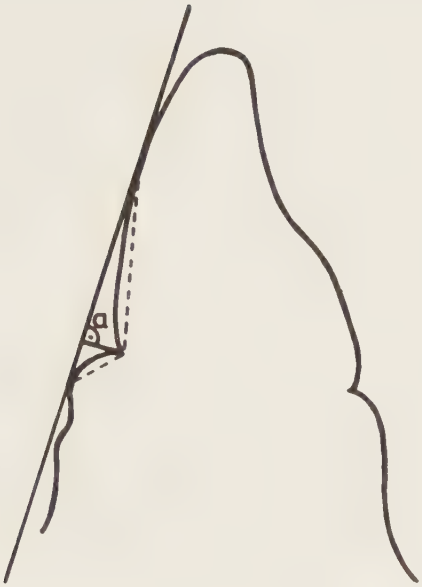


Abb. 21. Die Fläche (Zwickel) F_{Zw}, die in Näherung als Dreieck betrachtet werden kann.

die Beteiligung weiterer Parameter gewertet werden. Für die folgende Diskussion sollte man aber das Problem vereinfachen.

Der als Dreieck approximierte Zwickel F_{Zw} errechnet sich aus der Höhe (hier die Meßstrecke a) und der Länge (der Abstand des dentalen vom gingivalen Tangentenberührpunkt) (Abb. 21) nach der Formel:

$$F = 1/2 \quad (a \cdot l).$$

Die Länge l wird einerseits vom Ausmaß des Wulstes der freien Gingiva bestimmt: WOLF [22] beschreibt die ungünstige Konfiguration der freien Gingiva mit bogenartig gewölbtem Kamm als verantwortlich für die Bildung eines breiten und tiefen Spaltes (am Übergang Zahn - Gingiva), wo sich Bakterien und Beläge anlagern. Andererseits folgerten SINGER und MIERAU [20] in einer Studie über die oberflächenmorphologischen Veränderungen bei der Gingivitistherapie, daß zwar die Schwellung des gingivalen Randwulstes für die erhöhte Retentionskapazität wesentlich ist, die Größe der Flächen F_{Zw} jedoch nicht ausschließlich durch die Gestalt des Zahnfleisches zu erfassen sei, sondern auch durch den Krümmungsradius der Längswölbung der vestibulären Zahnkontur geprägt wird. Der hier angesprochene Zusammenhang zwischen der Größe der Zwickel F_{Zw} und dem Krümmungsradius manifestiert sich auch in der Länge l, die durch die Lage des dentalen Berührpunktes mitbestimmt wird.

Schließlich ist bei vorgegebener Geometrie die Länge l und die Fläche F_{Zw} noch von der Anordnung von Zahn und Gingiva zueinander abhängig. Eine Untersuchung an zehn wahllos herausgegriffenen Zähnen zeigte eine Flächenabnahme um (27 $\pm$ 8) Prozent, wenn man unter Beibehaltung der Kontur von Zahn und Gingiva die Stellung des Zahnes zur Gingiva um 10° nach lingual verändert.

Im Seitenzahngebiet des Unterkiefers kommt jedoch noch ein Faktor hinzu, der die Fläche des Zwickels F_{Zw} wesentlich mitbestimmt. Hier macht sich nämlich zu der Längswölbung der Zahnkrone noch die Kronenflucht deutlich bemerkbar. Nach SCHUMACHER und SCHMIDT [17] drückt sich die Kronenflucht der postkaninen Unterkieferzähne durch eine kräftige konvexe

Längswölbung aus, die im zervikalen Drittel besonders stark ausgeprägt ist. Dadurch liegt aber die inzisale Begrenzung der Zwickel F_{Zw} weiter zervikal und bewirkt eine Verkleinerung der Fläche F_{Zw}, obwohl sich die Meßstrecke a vergrößert. Deshalb entsteht im allgemeinen im Ober- und Unterkieferfrontzahngebiet ein flacher, weit nach inzisal reichender Zwickel F_{Zw}. Dagegen ist er in der Unterkieferseitenzahnregion tiefer, erstreckt sich jedoch weniger weit nach okklusal (Abb. 9b und Abb. 12b).

4.2.2 Die mesiale Schnittführung

Die Auswertung der durch die mesiale Schnittführung entstandenen Flächen $F_{Zw}m$ ergibt bei Mittelwertbildung über zwölf Probanden im Oberkiefer für den ersten und zweiten Schneidezahn nahezu gleiche Zwickel $\bar{F}_{Zw}m$ (Abb. 10b). Dann folgt ein Anstieg der Flächenwerte $\bar{F}_{Zw}m$ über den Eckzahn bis zum ersten Prämolaren. Die sich distal bis zum zweiten Molaren anschließenden Zwickel $\bar{F}_{Zw}m$ sind nur noch wenig größer. Im Unterkiefer weisen alle Frontzähne gleich große Flächen $\bar{F}_{Zw}m$ auf. Vom Eckzahn bis zum ersten Molaren nehmen sie dann stark zu, während für den zweiten Molaren ein kleinerer Flächenwert zu beobachten ist.

Die Mittelwerte der Meßstrecken $\bar{a}^m$ (Abb. 13b) verhalten sich wie die Flächen $\bar{F}_{Zw}m$ (Abb. 10b). Verglichen mit den Verhältnissen der medianen Schnittführung sind hier die Meßstrecken $\bar{a}$ in Relation zu den Zwickeln $\bar{F}_{Zw}$ größer. Somit muß der Abstand des dentalen vom gingivalen Berührpunkt der im Gingivamorphogramm angelegten Tangente kleiner sein. Die dem dentalen Hartgewebe im Limbusbereich straff anliegende Gingiva [6] sieht

sich im mesialen Bereich der Zahnkrone einer besonders starken zervikalen Wölbung gegenüber, wodurch der dentale Tangentenberührpunkt tatsächlich weiter zervikal liegt. Diese zervikale Konvexität, die KÜHL und TABATA [3] als Bogen- oder Krümmungsmerkmal beschreiben, entsteht durch die stärkere Wölbung der mesialen Kronenhälfte, die zudem weiter nach vestibulär vortritt als die distale. Der auch im Unterkiefer kongruente Verlauf der Kurven der Flächen $\bar{F}_{Zw}m$ (Abb. 10b) und der Meßstrecken $\bar{a}^{m}$ (Abb. 13b) läßt vermuten, daß bei der mesialen Betrachtung das Phänomen der Kronenflucht eine untergeordnete Rolle spielt. Der kleine Radius der mesialen Hälfte der Querwölbung der Zahnkrone läßt hier im allgemeinen enge, aber tiefe Zwickel F_{Zw} entstehen, die sich bei mangelnder Mundhygiene mit Plaque anfüllen und dann als schmaler Saum im gingivanahen Bereich der vestibulären Zahnoberflächen zu beobachten sind.

4.2.3 Die distale Schnittführung

Die graphische Darstellung der durch die distale Schnittführung erhaltenen und über die zwölf Probanden gemittelten Flächen $\bar{F}_{Zw}d$ zeigt im Oberkiefer beim Übergang vom mittleren Schneidezahn bis zum Eckzahn eine Zunahme der Flächen, der eine geringe Abnahme bis zum zweiten Prämolaren folgt (Abb. 11b). Die Zwickel $\bar{F}_{Zw}d$ an den Molaren sind jedoch wieder größer. Auch im Unterkiefer nehmen die Flächenwerte in der Front bis zum Eckzahn zu. Distal des auffällig kleinen Zwickels $\bar{F}_{Zw}d$ des ersten Prämolaren werden die Flächen wieder größer.

Vergleicht man die Zwickel $\bar{F}_{Zw}d$ (Abb. 11b) mit den zugehörigen Meßstrecken $\bar{a}^{d}$ als Mittelwerte über die zwölf Probanden (Abb. 14b), so fällt eine weitgehende Übereinstimmung auf. Im Oberkiefer nehmen die Meßwerte der Strecken $\bar{a}^{d}$ vom mittleren Schneidezahn bis zum Eckzahn stetig zu, fallen dann bis zum zweiten Prämolaren leicht ab, um am ersten Molaren noch einmal einen höheren Wert zu erreichen. Die Meßstrecke $\bar{a}^{d}$ am zweiten Molaren ist wieder etwas kleiner. Betrachtet man den Unterkiefer, so zeigt sich im Frontzahngebiet dieselbe Tendenz wie im Oberkiefer. Im Gegensatz dazu ist jedoch die Meßstrecke $\bar{a}^{d}$ des zweiten unteren Prämolaren größer als die des ersten Prämolaren und der Molaren. Die durch das Krümmungsmerkmal [3] bedingte flache Krümmung der distalen Kronenhälfte und der im Bereich der Interdentalpapille geringe Randwulst der freien Gingiva bestimmen die Größe des Zwickels $\bar{F}_{Zw}d$.

4.2.4 Ein Vergleich der drei Schnittführungen

Ein Vergleich der medianen (ax), mesialen (m) und distalen (d) Flächen F_{Zw} der einzelnen Zähne wird durch das Normieren der mesialen beziehungsweise distalen auf die medianen Zwickel erleichtert. Hierbei erhält man die Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$. Sie sind ein Maß für die Veränderung der Flächen F_{Zw}, die beim Übergang von der Mitte der vestibulären Zahnoberfläche nach approximal auftritt.

Aus der graphischen Darstellung der Mittelwerte der Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$ (Abb. 15) läßt sich erkennen, daß die Flächen aller mesialen Zwickel $\bar{F}_{Zw}m$ - mit Ausnahme jener der ersten und zweiten Molaren des Unterkiefers - kleiner sind als die medianen Flächen $\bar{F}_{Zw}ax$. Betrachtet man die Relation der distalen zu den medianen Flächen $\bar{F}_{Zw}ax$ (Abb. 15), so fällt auf, daß die Quotienten der distalen Flächen $\bar{F}_{Zw}d$ die 100-Prozent-Linie, die Flächengleichheit mit den medianen Zwickeln bedeutet, nahezu erreichen. Auch hier überschreiten die Molaren diese Linie.

Das erwähnte Verhalten der Molaren und die Flächenunterschiede der Zwickel F_{Zw} entlang des Limbus gingivalis eines Zahnes, die innerhalb des Frontzahngebietes bis zu 50 Prozent betragen, in der Seitenzahnregion aber kleiner sind, haben wahrscheinlich eine gemeinsame Ursache. Während im Frontzahngebiet die mesialen und distalen Schnittebenen, die im Abstand von drei Millimetern von der nächsten Papillenspitze gefunden werden, größtenteils im Bereich der Interdentalpapille liegen, befinden sie sich in der Seitenzahnregion schon auf der marginalen freien Gingiva.

Im allgemeinen sind die Flächen F_{Zw} median größer und mesial kleiner als distal. Dieses Verhalten der Zwickel F_{Zw} entlang des Limbus gingivalis wird anschaulicher, wenn man die jeweilige Wölbung der Zahnoberfläche in der unmittelbar gingivanahen Randzone betrachtet. Die mediane Fläche $F_{Zw}ax$ wird in ihrem dentalen Anteil nur von der Längswölbung (konvexe Krümmung des Zahnes zwischen Zahnhals und Inzisalkante beziehungsweise Okklusionsfläche) des Zahnes beeinflußt, da der Schnitt

kronenachsenparallel durchgeführt wird. Die gegen die Kronenachse geneigten mesialen und distalen Schnittführungen treffen sowohl auf die Längs- als auch auf die Querwölbung (konvexe Krümmung des Zahnes in mesio-distaler Richtung, wobei die Krümmung im mesialen Drittel am stärksten ist (= Krümmungsmerkmal) [3]) der Zahnoberfläche. Hierbei liegen dentaler und gingivaler Tangentenberührpunkt näher beieinander, wodurch die Flächen F_{Zw} kleiner werden. Bedingt durch das Krümmungsmerkmal [3] macht sich diese Erscheinung mesial stärker bemerkbar als distal.

Zur Prüfung der topographischen Abhängigkeit der Meßstrecke a dem Limbus gingivalis entlang dient der Vergleich der durch die mediane (ax), mesiale (m) und distale (d) Schnittführung gewonnenen Meßwerte. Die Mittelwerte der Quotienten a^m/a^{ax} beziehungsweise a^d/a^{ax} liegen, mit Ausnahme des zweiten Molaren, alle zwischen 0,80 und 1,20 (Abb. 16). Diesem engen Intervall und der am Beispiel des unteren Eckzahnes beobachteten Änderung der Meßstrecke vom mesialen bis zum distalen Schnittpunkt von 34 Prozent stehen bei den Quotienten der Flächen $F_{zw}m/F_{Zw}ax$ beziehungsweise $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$ ein Intervall von 0,40 bis 1,30, mit einer Flächenänderung am unteren Eckzahn von 56 Prozent gegenüber (Abb. 15). Dies läßt neben der Meßstrecke a weitere Parameter vermuten, die die Größe des zur Belagbildung vorhandenen Bezirks beeinflussen. Neben jenen Wölbungen von Zahnoberfläche und gingivalem Randwulst, die die Lage der Tangentenberührpunkte bestimmen, ist auch die Gestalt der Zahnoberfläche und der freien Gingiva innerhalb des Zwickels F_{Zw} für die Größe seiner Fläche verantwortlich.

4.3 Die Beziehungen zwischen der Oberflächenmorphologie und dem Plaquewachstum

Neben den Mikroorganismen und der Substratzufuhr sind an der Plaquebildung die oberflächenmorphologischen Verhältnisse wesentlich beteiligt. MIERAU und SINGER [7, 8, 9, 11, 19, 20, 21] untersuchten die Plaquebildung quantitativ über drei beziehungsweise sechs zwölftägige Durchgänge, in denen keine Mundhygiene ausgeübt wurde. Dabei zeigte sich eine auffallend hohe Reproduzierbarkeit der mikrobiellen Weichbeläge in zeitlicher und topographischer Hinsicht. Sie war durchweg höher als 85 Prozent [7]. Zudem wiesen die einzelnen Individuen deutliche Unterschiede im Plaquewachstum auf: Verhältnis der Belagbildung bei "starken" und "schwachen" Belagbildnern 3 : 1 [7, 8, 9]. Diese Ergebnisse zeigen, daß oberflächenmorphologische Faktoren die Plaquegenese wesentlich bestimmen. Der Vergleich profilographischer Studien mit der Belagentwicklung an Zähnen mit starker und schwacher Belagbildung ergibt, daß eine Korrelation zwischen großer Rauhtiefe und starker Weichbelagbildung einerseits und geringer Rauhtiefe und schwacher Weichbelagbildung andererseits besteht [20, 21]. Diese Beziehung konnte auch durch den optischen Vergleich des Plaquewachstums mit rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen der Oberfläche derselben Zähne bestätigt werden [9]. Die Aufnahmen zeigen ferner, daß die Rauhigkeit der Zahnoberfläche vornehmlich auf anatomisch bedingten Struktureigentümlichkeiten (Perikymatien, Prismendellen, Mikrogrübchen) beruht [8, 9]. Sind letztere stark ausgeprägt, so besitzt diese Zahnregion eine hohe Retentionskapazität für Beläge. Damit wurde bewiesen, daß die Oberflächenmorphologie im dento-

gingivalen Bereich, insbesondere die Rauhigkeit der Zahnoberflächen, den dominierenden Faktor bei der Plaquebildung darstellt.

Im Hinblick auf die Belaggenese unterscheidet MIERAU [9, 10] das Mikrorelief (Rauhtiefe der Zahnoberfläche) vom Makrorelief (Form des Einzelzahnes und der Gingiva, Stellung der Zähne zueinander). Der Vergleich der Anteiligkeit von Mikro- und Makrorelief ist von allgemeinem und besonderem Interesse, da im Rahmen der eigenen Untersuchungen Größen des Makroreliefs bestimmt wurden. Der Einfluß des Makroreliefs ist erwiesenermaßen gegenüber dem des Mikroreliefs im allgemeinen geringer [9] und ist nicht in der Lage, die Unterschiede zu erklären, die sich bei Probanden mit starker und schwacher Belagbildung zeigen. Das Makrorelief und die sogenannte Selbstreinigung als belaghemmende und belagfördernde Faktoren modulieren lediglich den Anteil des Mikroreliefs an der Belagbildung.

Von erheblicher klinischer Bedeutung für die Prophylaxe und Therapie der Parodontopathien sowie der Prophylaxe der Zahnkaries ist, daß nicht die Retentionskapazität allein für das Verbleiben von Belägen verantwortlich ist, sondern daß der Zugänglichkeit für die Belagentfernung eine entscheidende Rolle zukommt. Der Grad der Zugänglichkeit sowie die Größe der Retentionskapazität bestimmen ihrerseits individuell und für das einzelne Parodontium den Aufwand, der zur Plaquebeseitigung notwendig ist [10].

Weitere Untersuchungen über den Einfluß des Mikro- und Makroreliefs sowie der sogenannten Selbstreinigung auf die Plaquebildung werden dazu beitragen, die diskutierte Problematik zu klären.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Unter Benutzung der von MIERAU [5, 6] entwickelten oberflächenmorphometrischen Methode wurden die Verhältnisse der vestibulären Zahn-Gingiva-Region des gesamten Oberkiefers und Unterkiefers von zwölf Probanden bei physiologischen Verhältnissen zweidimensional (in mesio-distaler und vestibulo-lingualer Richtung) erfaßt.

Bei der Auswertung der Untersuchungen in mesio-distaler Richtung ergab sich beim Übergang von der Front- zur Seitenzahnregion ein typisches Verhalten der Meßwerte. So manifestiert sich der Unterschied zwischen den Verhältnissen des Frontzahngebietes des Ober- und Unterkiefers bei der quantitativen Beschreibung der Oberflächenmorphologie der parodontalen Weichgewebe in einer deutlichen Divergenz der Ergebnisse, unabhängig von der Wahl der Meßgrößen. Die im postkaninen Seitenzahnbereich des Ober- und Unterkiefers nahezu identischen Meßwerte, wiederum unabhängig von der Wahl der Meßgrößen, sind auf die ähnlichen Konfigurationen dieser Regionen zurückzuführen. Die klinisch imponierende Vielgestalt der Interdentalpapille führt bei der Mittelung der Meßwerte zu Standardabweichungen, die, obwohl sie die Variabilität der biologischen Möglichkeiten widerspiegeln, toleriert werden können. Individuelle klinische Befunde wie Dehiszenzen, Drehung eines Zahnes, leichte Eng- und Weitstände der die Interdentalpapille begrenzenden Zähne sind als Abweichungen von der "normalen" Form, die dem Mittelwert entspricht, zu erkennen. Daher läßt sich nach Erhebung des oberflächenmorphologischen Befundes das parodontale Weichgewebe am Übergang

Zahn - Gingiva klinisch einordnen. Weiterhin konnte in guter Übereinstimmung mit der Literatur [14, 16, 17] und früheren Untersuchungen von MIERAU [5, 6] der Zusammenhang zwischen der Gestalt der Interdentalpapille sowie der Form und Dimension der sie umgebenden Zähne dargestellt werden. Vergleicht man die Meßwerte der rechten und linken Hälfte des Zahnbogens, so spiegeln sich die symmetrischen Verhältnisse der beiden Kieferhälften wider.

Anhand der Untersuchungen in vestibulo-lingualer Richtung konnte gezeigt werden, daß die durch einen medianen (ax) Schnitt gefundenen Zwickel $F_{Zw}ax$ im Oberkiefer größer sind als im Unterkiefer und daß sie im Seitenzahngebiet, besonders im Bereich der Prämolaren, die der Frontzähne übertreffen. Es muß angenommen werden, daß die Kronenflucht [3] der Unterkieferseitenzähne, die eine relativ dicht oberhalb der Schmelz-Zement-Grenze liegende stärkste Erhebung der Längswölbung der Zahnkrone darstellt, für die kleinen Flächen $F_{Zw}ax$ der Unterkieferseitenzähne verantwortlich ist. Besondere Beachtung fand die Veränderung des Zwickels F_{Zw} entlang dem Limbus gingivalis vestibularis mesial (m) und distal (d) des medianen (ax) Schnittes jeweils an ein und demselben Zahn. Die Untersuchungen ergaben in der Mehrzahl der Fälle median größere, aber mesial kleinere Flächen F_{Zw} als distal. Neben anderen Parametern haben einerseits die Stellung des Zahnes zur Gingiva sowie andererseits die Wölbung des Zahnes und der Gingiva, die zusammen die Tiefe (Meßstrecke a) des Zwickels F_{Zw} festlegen, Einfluß auf die Geometrie der Fläche F_{Zw}. So darf das Krümmungsmerkmal [3], wonach die vestibuläre Zahnoberfläche in mesio-distaler Richtung im mesialen

Drittel am stärksten gekrümmt ist, dafür verantwortlich gemacht werden, daß die Zwickel F_{Zw} mesial kleiner sind als distal. Dabei ist das Verhältnis der mesialen und distalen zu den medianen Flächen F_{Zw} eines Zahnes über den gesamten Zahnbogen hinweg keineswegs konstant. Die im Frontzahngebiet mesial und distal kleineren Zwickel F_{Zw} erreichen im Molarengebiet nahezu das Niveau der medianen.

Die in dieser Untersuchung berücksichtigten Probanden nahmen ausnahmslos auch an den Untersuchungen von MIERAU und SINGER [7, 8, 9, 19] über die zeitliche und topographische Reproduzierbarkeit der Belagbildung teil. Ferner wurde die Rauhigkeit der Zahnoberflächen profilographisch ausgewertet [21]. Dies ergibt die Möglichkeit, die eigenen Untersuchungen in das polykausale Geschehen der Belaggenese einzuordnen. Ein Vergleich der Anteiligkeit der Belagbildung zeigt den im allgemeinen geringeren Einfluß des Makroreliefs gegenüber dem des Mikroreliefs.

6 SCHRIFTTUM

1. AINAMO, J., und LÖE, H.:
Anatomic characteristics of gingiva. A clinical and microscopic study of the free and attached gingiva.
J. Periodont. 37, 5-13 (1966).

2. KRÄUTLER, M.:
Oberflächenmorphometrische und turgormetrische Untersuchungen am entzündeten parodontalen Weichgewebe: Effizienz mundhygienischer Maßnahmen.
Med. Diss., Würzburg 1979.

3. KÜHL, W., und TABATA, T.:
Angewandte Morphologie der Zähne.
Carl Hanser Verlag, München, 1968, S. 8, 23, 37.

4. LÖE, H., und SILNESS, J.:
Periodontal disease in pregnancy.
I. Prevalence and severity.
Acta odont. scand. 21, 533-551 (1963).

5. MIERAU, H.-D.:
Morphometrische Untersuchungen am parodontalen Weichgewebe.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 232-241 (1973).

6. MIERAU, H.-D.:
Morphometrische Untersuchungen im dento-parodontalen Bereich unter physiologischen Bedingungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 416-424 (1975).

7. MIERAU, H.-D. und SINGER, D.:
Reproduzierbarkeit der Plaquebildung im dento-gingivalen Bereich (1. Mitteilung).
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 386-390 (1976).

8. MIERAU, H.-D. und SINGER, D.:
Reproduzierbarkeit der Plaquebildung im dento-gingivalen Bereich (3. Mitteilung).
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 566-573 (1978).

9. MIERAU, H.-D.:
Reproduzierbarkeit der Plaquebildung im dento-gingivalen Bereich (4. Mitteilung).
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 269-277 (1979).

10. MIERAU, H.-D.:
Spezielle Aspekte der Prophylaxe und Therapie von Parodontopathien.
In: HEMPEL, K., und HEIDLAND, A.: Berichte der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg (im Druck).

11. MIERAU, H.-D.:
Persönliche Mitteilung.

12. MIETHKE, R.-R.:
Über signifikante Asymmetrien der Zahnbreiten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 282-287 (1975).

13. MÜHLEMANN, H.R., RATEITSCHAK, K.H., und RENGGLI, H.H.:
Parodontologie: Gesundes Parodont, Ätiologie, Diagnostik, Prophylaxe und Therapie parodontaler Erkrankungen.
G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1975, S. 37.

14. ORBAN, B.:
Clinical and histologic study of the surface characteristics of the gingiva.
Oral Surg. 1, 827-841 (1948).

15. PILOT, T.:
Die Makro-Morphologie der interdentalen Papille.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 1220-1221 (1973).

16. SCHROEDER, H.E.:
Orale Strukturbiologie: Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle.
G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1976, S. 233.

17. SCHUMACHER, G.H., und SCHMIDT, H.:
Anatomie und Biochemie der Zähne.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1972, S. 326, 396, 397.

18. SILNESS, J., und LÖE, H.:
Periodontal disease in pregnancy.
II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition.
Acta odont. scand. 22, 121-135 (1964).

19. SINGER, D., und MIERAU, H.-D.:
Reproduzierbarkeit der Plaquebildung im dento-gingivalen Bereich (2. Mitteilung).
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 843-847 (1976).

20. SINGER, D., und MIERAU, H.-D.:
Bestimmung oberflächenmorphologischer Veränderungen bei Gingivitistherapie.
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 880-887 (1977).

21. SINGER, D., und MIERAU, H.-D.:
Plaquebildung und Oberflächenstruktur des Zahnschmelzes.
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 527-528 (1978).

22. WOLF, J.:
Der gingivo-dentale Verschlußapparat im Bereich des Zements.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde 47, 105-132, 177-240
(1966).

ANHANG

I. Zur Festlegung der vestibulo-lingualen Schnittführungen

Bei der Festlegung der mesialen (m) und distalen (d) Schnittführungen bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an. Hierbei ist eine Anzahl von Gesichtspunkten zu berücksichtigen, die auf der in früheren Untersuchungen benutzten medianen (ax) Schnittführung aufbauen [5, 6].

Die Festlegung der medianen Schnittführung war so gewählt, daß der Schnitt S durch den gemeinsamen Punkt P des Limbus gingivalis und der Kronenachse führte und in mesio-distaler Richtung senkrecht auf der Tangente T an den Limbus gingivalis in diesem Punkt P stand (Abb. 22a). Um die Flächen F_{Zw} in den einzelnen Schnittregionen zu vergleichen, sollten die Kriterien zur Definition des in Abb. 22a dargestellten medianen Schnittes möglichst auch auf die mesialen und distalen Schnitte übertragen werden.

Folgende Alternativen boten sich zur Wahl an:
Die Schnittführung A zeichnet sich dadurch aus, daß das Kriterium "der Schnitt S steht senkrecht auf der Tangente T am Limbus gingivalis im Punkt P'" zur Definition des medianen Zwickels am mesialen und am distalen Meßort beibehalten wird; der mesiale oder der distale Schnitt V verläuft allerdings in einem Winkel zu dem in der medianen Region (Abb. 22b). Bei der Festlegung der Schnittführung B stand die

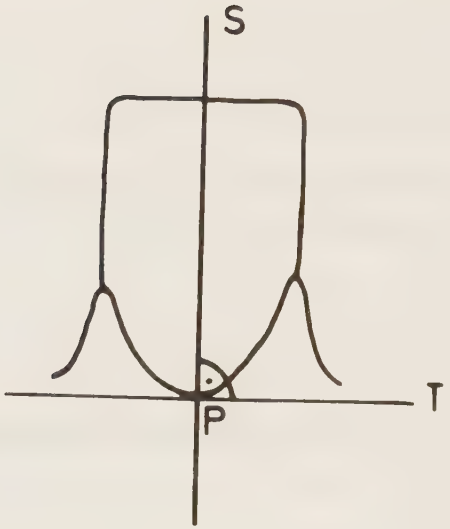
Idee des tangentialen Abgleitens des Speisebolus mit den Konsequenzen für die Belagbildung am Übergang Zahn - Gingiva als einer Region im Vordergrund, die der Selbstreinigung im allgemeinen nur ungenügend ausgesetzt ist. Die Schnittebene ist so gewählt, daß sie im Meßort P'' parallel zur Kronenachse und damit parallel zum medianen Schnitt verläuft (Abb. 22c).

Stellvertretend für die einzelnen Zahngruppen wurden die beiden möglichen Schnittführungen an den Zähnen 21, 14 und 16 eines Modells ausgeführt, in Gingivamorphogramme umgesetzt und metrisch ausgewertet (Tab. 6).

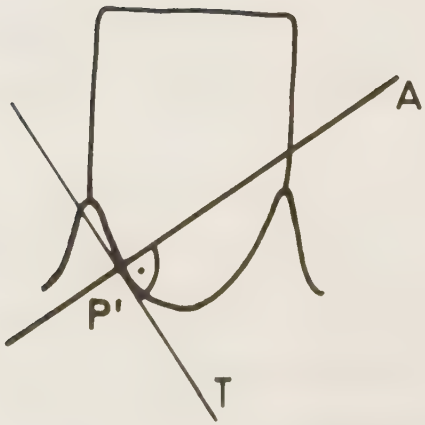
Tab. 6. Die Flächen (Zwickel) F_{Zw} für die median (ax), mesial (m) und distal (d) nach den Vorschriften für die Schnittführungen A und B (an den Zähnen 21, 14 und 16) ausgeführten Schnitte in Quadratmillimetern.

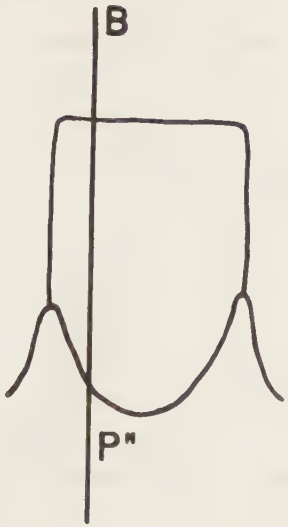
	A			B		
	m	ax	d	m	ax	d
21	0,54	0,34	0,77	0,69	0,34	1,84
14	1,78	1,61	3,38	2,53	1,61	3,40
16	2,54	2,42	4,42	1,24	2,42	2,30

a



b





C

Abb. 22. Zur Festlegung der Schnittführungen für die Modellauswertung in vestibulo-lingualer Richtung (P, P', P'' = Schnittpunkte am Limbus gingivalis; A, B, S = Schnittführungen; T = Tangente an den Limbus gingivalis)

a) mediane Schnittführung
b) Schnittführung senkrecht zur Tangente am Limbus gingivalis im Punkt P'
c) Schnittführung parallel zur medianen und zur Kronenachse

(aus Gründen der Übersicht wurde von den beiden außermedianen vestibulo-lingualen Schnittführungen unter a) und b) nur eine dargestellt).

Wegen der besseren Übersicht werden die distalen und die mesialen Zwickel F_{Zw} der einzelnen Zähne auf die mediane Fläche F_{Zw} normiert (Tab. 7). Dies geschieht durch die Bildung der Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$. Die sich ergebenden relativen Zahlen stellen ein Maß für die Änderung der Fläche F_{Zw} beim Übergang von median in Richtung mesialer beziehungsweise distaler Schenkel der benachbarten Interdentalpapillen dar.

Tab. 7. Die Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$ für die median (ax), mesial (m) und distal (d) nach den Vorschriften für die Schnittführungen A und B (an den Zähnen 21, 14 und 16) ausgeführten Schnitte in Quadratmillimetern.

	A		B	
	$F_{Zw}m/F_{Zw}ax$	$F_{Zw}d/F_{Zw}ax$	$F_{Zw}m/F_{Zw}ax$	$F_{Zw}d/F_{Zw}ax$
21	1,59	2,26	2,03	5,41
14	1,11	2,16	1,57	2,11
16	1,05	1,83	0,51	0,95

Sowohl die Schnittführung A als auch die Schnittführung B zeigen ein deutliches Überwiegen der distalen Zwickel F_{Zw} gegenüber den mesialen. Dieses Ergebnis wird durch die am Kollektiv von zwölf Probanden durchgeführten Untersuchungen bestätigt. Betrachtet man die Quotienten $F_{Zw}m/F_{Zw}ax$ und $F_{Zw}d/F_{Zw}ax$ bei den ausgewählten Zähnen 21, 14 und 16 als Vertreter der einzelnen Zahngruppen, so zeigt sich bei der Schnitt-

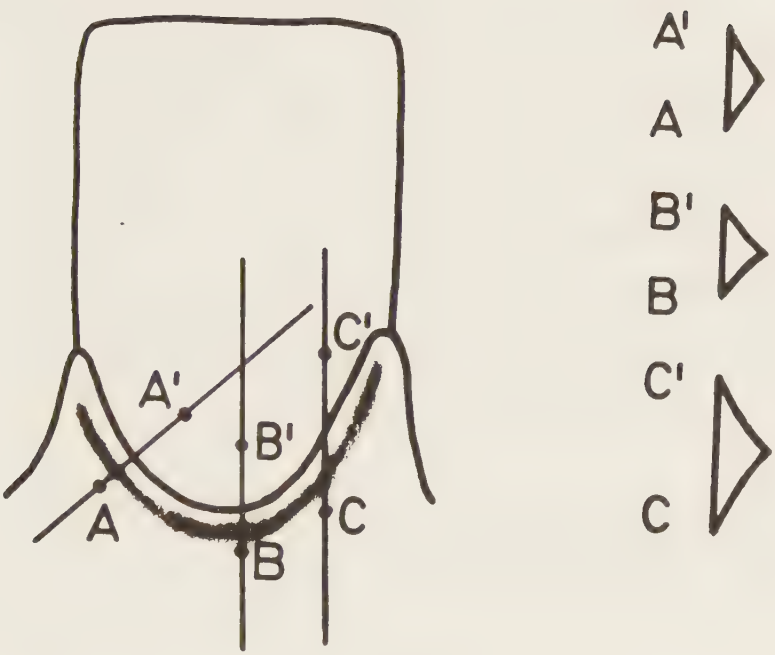


Abb. 23. Die Geometrie der Flächen (Zwickel) F_{Zw} bei den verschiedenen Schnittführungen für die Modellauswertung in vestibulolingualer Richtung

A-A' Schnittführung A und sich ergebende Fläche F_{Zw}

B-B' mediane Schnittführung und sich ergebende Fläche F_{Zw}

C-C' Schnittführung B und sich ergebende Fläche F_{Zw}.

führung A. Eine Betrachtung der oberflächenmorphologischen Verhältnisse am dento-gingivalen Übergang mag letzteres verdeutlichen. Der für die Belagbildung zur Verfügung stehende Bezirk stellt eigentlich einen Raum dar. Als Maß für die Retentionskapazität der mikrobiellen Plaque betrachten wir jedoch eine Fläche, die mit Hilfe eines Schnittes durch diesen Raum entsteht. Der mediane Schnitt trifft senkrecht auf den durch den mesio-distalen, annähernd halbmondförmigen Verlauf des Limbus gingivalis. Wird dieser Raum mesial und distal nicht auch in derselben Weise durchschnitten, so kommt es zu einer Verzerrung der Fläche F_{Zw}, wodurch unbrauchbare Meßwerte entstehen (Abb. 23).

Aufgrund dieser Überlegungen wurde im Hauptversuch dieser Arbeit die Schnittführung A bevorzugt.

II. Zur Bestimmung der Größe der Fehler bei vestibulo-lingualen Schnitten

Bei der Festlegung der Kronenachse, die in unseren Untersuchungen eine große Rolle spielt, sind Unsicherheiten nicht auszuschließen. Um Fehler absolut und relativ abschätzen zu können, wurden Schnitte an einem Zahn (geeignet schien der Prämolar 24, der deutliche Flächendifferenzen bei der Bestimmung von F_{Zw} aufwies) angelegt, wobei die Untersuchungsebene von der Kronenachse um $\pm$ 0,5 mm und $\pm$ 1,0 mm variieren sollten. Die metrische Auswertung der so durchgeführten Schnitte ergab folgende Werte (Tab. 8).

Tab. 8. Die Flächen (Zwickel) F_{Zw} bei der Variation der Anschnittstelle um $\pm$ 0,5 mm und $\pm$ 1,0 mm nach mesial (m) und nach distal (d) und der dabei zustandekommende Fehler in Prozent (KA = Kronenachse).

Lokalisation	1,0 mm d	0,5 mm d	KA	0,5 mm m	1,0 mm m
F_{Zw} in mm^2	1,95	1,89	1,82	1,72	1,62
Fehler in Prozent	7,10	3,90	0,00	5,50	11,00

Die durch Abweichungen von der Anschnittstelle verursachten Fehler liegen mit maximal elf Prozent in einem für biologische Messungen noch tolerablen Bereich.

Herrn Professor Dr. R. Naujoks danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und für die Übernahme des Referates.

Ich danke auch Herrn Professor Dr. E. Witt für seine Bereitschaft, das Korreferat zu übernehmen.

Herrn Dr. Dr. med. habil. H.-D. Mierau danke ich für die freundliche Unterstützung und Beratung während der Anfertigung dieser Arbeit.

Zu besonderem Dank bin ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft verpflichtet, welche die vorliegende Arbeit im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 92 "Biologie der Mundhöhle", Teilprojekt C 2 "Parodontalmorphometrie: Oberflächen- und Belagmorphometrie im dento-gingivalen Bereich" (Dr. Dr. med. habil. H.-D. Mierau) unterstützt hat.

Lebenslauf

Gerhard S t e i n r u c k, geboren am 22. November 1952 in Gerolzhofen, Kreis Schweinfurt, als Sohn des kaufmännischen Direktors Ignaz Steinruck und seiner Ehefrau Adelgunde Steinruck, geborene Weissenseel

1959 - 1964	Volksschule in Lülsfeld
1964 - 1973	Mathematisch-naturwissenschaftliches Gymnasium am Steigerwald-Landschulheim, Wiesentheid, Reifeprüfung im Juni 1973
1973 - 1978	Studium der Zahnheilkunde an der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Staatsexamen im Januar 1979
seit 1.3.1979	Assistent in einer zahnärztlichen Praxis in Kitzingen

Gerhard Steinruck